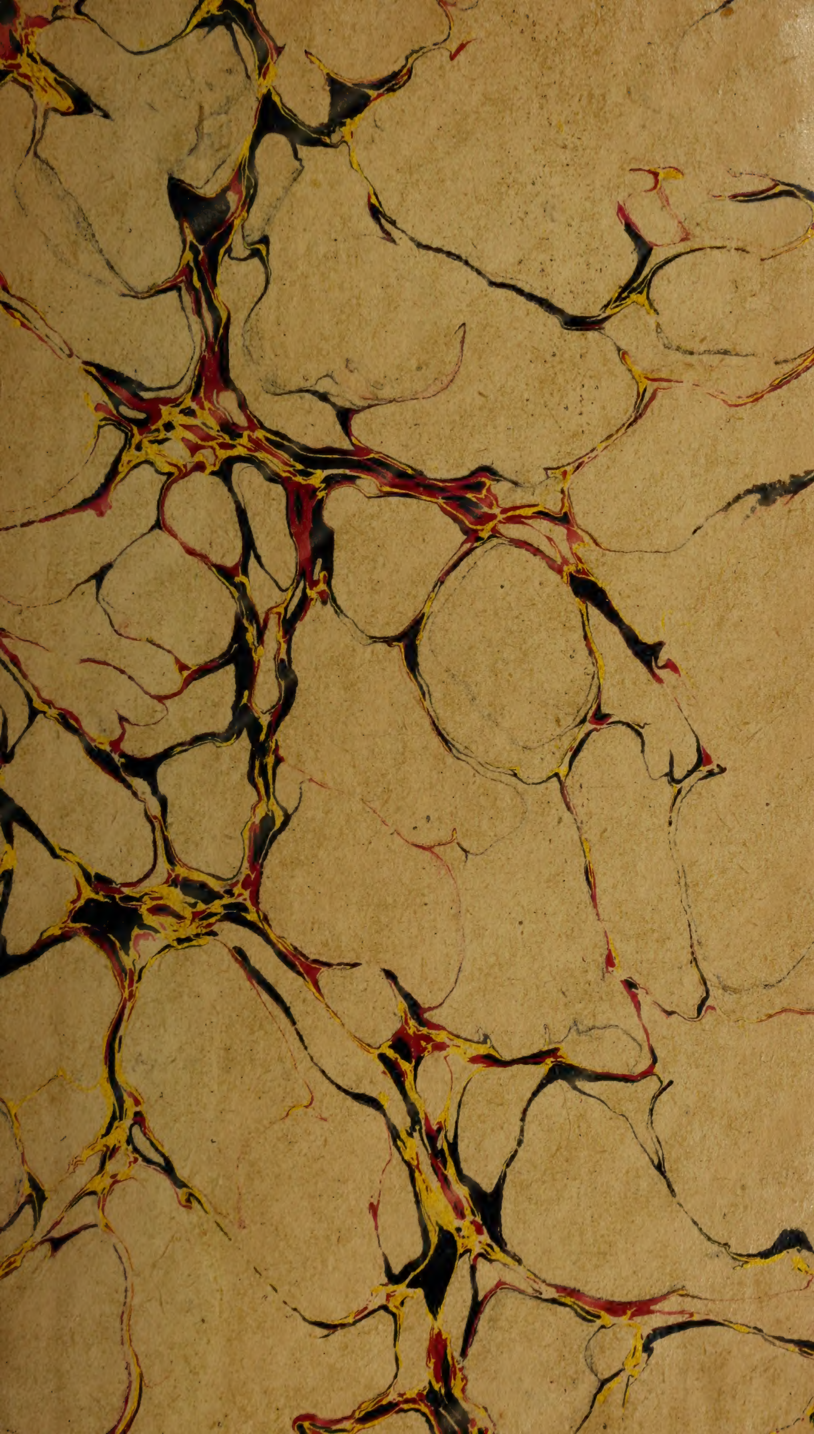


ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière et Ce, rue Racine, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

TROISIÈME SÉRIE

TOME III

Année 1876

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vor DALMONT

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, 49

1876

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1876 Janvier-Février

UNE ENQUÊTE
SUR LE
SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE EN ANGLETERRE.

Le réseau intérieur de la Grande-Bretagne et d'Irlande, qui jusqu'alors avait appartenu à des compagnies particulières, est, comme on le sait, devenu la propriété de l'État depuis le 5 février 1870. Les effets de ce changement de régime ne paraissent pas avoir été encore étudiés dans leur ensemble, mais le côté budgétaire de la question a été soumis par la Trésorerie anglaise à l'examen d'une commission spéciale (*).

Le rapport de la commission a été déposé le 17 juillet dernier. Nous n'avons pas eu ce document entre les mains; mais la presse anglaise s'en est occupée, et nous trouvons notamment dans les articles que lui ont consa-

(*) Cette commission se composait de MM. Alfred Austin, H. Weaver et W. G. Anderson.

crés l'*Electrical News* (numéros des 5 et 12 août et du 16 septembre) et l'*Engineering* (numéros des 6 et 13 août), une analyse, qui paraît assez complète, du rapport et des principaux commentaires auxquels il a donné lieu. Le *Telegraphic Journal* du 15 juin s'était déjà occupé du même sujet, à l'occasion du rapport annuel adressé au Parlement par la Trésorerie, au commencement de la dernière session. Les auteurs de ces articles se placent, on le verra, à des points de vue très-différents ; dans le résumé que nous nous proposons d'en donner aujourd'hui, nous laisserons à chacun la responsabilité de sa manière de voir, n'ayant, en ce qui nous concerne, qu'un seul but, faire connaître à nos lecteurs les résultats les plus saillants de l'enquête à laquelle viennent de se livrer nos voisins, et nous bornant à être l'écho des appréciations qu'elle a suggérées en Angleterre.

Occupons-nous d'abord du rapport.

L'enquête, d'après les journaux que nous avons mentionnés, portait sur les trois points suivants :

1° L'écart constaté chaque année entre les prévisions et les dépenses effectuées ;

2° L'élévation des frais généraux par rapport à ceux des anciennes compagnies télégraphiques ;

3° Le développement de certaines catégories de bureaux et de certaines natures de services, qui ne répondraient pas à un besoin réel du public et ne couvrent pas les dépenses qu'ils nécessitent.

Le premier soin de la commission fut donc de dresser l'état comparatif des crédits et des dépenses depuis la prise de possession du service télégraphique par le Post-Office. Le tableau ci-après résume les chiffres qu'elle a relevés.

ANNÉES (*).	CRÉDITS.	DÉPENSES.
	£	£ s. d.
1869-70-71 (14 mois)	450.000	471.767 0 1 1/2
1871-72	420.000	551.521 11 10 1/2
1872-73	669.990	874.945 17 8 1/4
1873-74	858.000	967.947 18 2 1/4

En 1874-75, les prévisions s'élevaient, d'après l'*Engineering*, à 938.339 £, somme à laquelle s'ajouta un crédit de 37.687 £, pour pensions accordées, par décision de la commission des comptes, à des agents des anciennes compagnies (**); une seconde demande supplémentaire de 123.620 £ fit porter à 1.099.646 £ le crédit total, sur lequel on dépensa 1.083.275 £.

En recherchant la cause des erreurs commises dans les évaluations, la commission se plaint d'avoir rencontré une difficulté inhérente au système de comptabilité appliqué dans les premiers temps. Ce système ne permettait pas de suivre les dépenses dans leurs détails, et comme, d'un autre côté, les crédits étaient votés en bloc par le Parlement, la commission manquait souvent de bases certaines pour apprécier si les excédants de dépense por-

(*) L'année financière commence, en Angleterre, le 1er avril; nous réunissons à l'exercice 1870-1871 les deux mois de l'exercice 1869-1870.

(**) La loi du 21 juillet 1868, relative au rachat du réseau, accorde une pension aux agents des compagnies qui ne trouveraient pas place dans le service de l'État, et reconnaît à ceux qui seraient attachés au Post-Office les mêmes titres que s'ils eussent été antérieurement dans un service civil de la Couronne (*Journal télégraphique* de Berne, numéro du 25 avril 1872). — La position faite à ces derniers ne semble pas avoir eu un caractère définitif. Aujourd'hui, d'après le *World*, cité par l'*Electrical News* du 16 septembre, après cinq ans et plus passés au service de l'État, ils ont à subir des examens portant sur des questions d'instruction générale, et sont congédiés s'ils n'y satisfont pas. Selon le *World*, la légalité de cette mesure, récemment prise, serait contestée.

taient sur des besoins qu'on n'avait pu réellement prévoir.

Pour les 14 premiers mois cependant, aucun doute n'était possible : on s'était trouvé en présence d'une augmentation de personnel tout à fait inattendue. D'après les précédents empruntés aux compagnies, le Post-Office comptait avoir à entretenir, pour le service télégraphique, 1528 employés de tout rang et 1283 porteurs, tandis qu'au mois d'août ces nombres s'étaient déjà respectivement élevés à 4913 et 3116 (*). — L'état de dégradation du matériel cédé par les compagnies était encore, selon l'*Engineering*, une cause de dépenses dont il avait pu ne pas être tenu compte.

La commission ferma les yeux pour les deux premières années ; mais pour l'exercice 1872-73, elle ne se contenta plus, dit le même journal, d'explications où l'on se bornait à mettre en avant, d'une façon générale, une révision des traitements, des travaux extraordinaires, l'élévation des prix de revient...; elle déclara que l'écart n'était pas suffisamment justifié et infligea un blâme au département des postes et télégraphes, pour n'avoir pas profité, dans ses évaluations, de l'expérience des années précédentes. A partir de l'année 1874-75, d'ailleurs, on

(*) Le besoin d'employés se fit sentir si subitement que, deux ou trois jours après la prise de possession du service, le personnel hommes de l'unique école de télégraphie qui existât alors dut partir pour le nord de l'Angleterre, d'urgence, et sans avoir même pu prendre le temps de changer de vêtements (*Engineering* du 13 août 1875).

Peu après, on fut obligé de dépouiller la même école de ses appareils (*Engineering* du 13 août 1875).

Afin de parer aux difficultés qu'elle venait d'éprouver, l'administration anglaise s'empressa de créer des établissements capables d'assurer son recrutement. Au mois de janvier 1871, elle possédait à Londres une école pour les hommes (fondée en février 1870) et une pour les femmes (qui existait depuis le mois de novembre 1869); des écoles semblables avaient été établies à Édimbourg, Manchester, Liverpool, Birmingham, Newcastle, Glasgow, Dublin, Belfast et Cork (*Journal télégraphique*, numéro du 25 février 1871).

avait adopté une disposition dont on attend beaucoup pour prévenir le retour de semblables mécomptes : les bureaux du receveur-comptable général établissent chaque mois le relevé, par nature de dépense, des payements effectués.

Cette question de comptabilité une fois réglée, la commission porta son attention sur l'élévation des dépenses de l'État, comparées à celles des compagnies. Ici, point de doute possible : nécessité de payer le personnel de la télégraphie sur les mêmes bases que celui de la poste, et, par suite, augmentation du traitement des employés, d'après le principe, professé en Angleterre, que l'État doit mieux payer que les entreprises particulières; augmentation du personnel, résultant de la constitution de bureaux pour le secrétariat, pour l'ingénieur en chef, pour les ingénieurs divisionnaires et pour la comptabilité; allocations de pensions aux gardiens de lignes non employés; plus grandes facilités offertes au public pour l'usage du télégraphe; concessions de franchises; augmentation du prix du fer et du matériel en général, et d'autres causes encore expliquent suffisamment la différence.

Les produits se sont-ils accrus avec la même rapidité ? Là aussi, la statistique fournit une réponse catégorique : le rapport des frais d'exploitation au produit brut s'est constamment élevé.

Pour les 14 premiers mois, il était un peu plus de 57 p. 100; en 1871-72, près de 78 3/4; en 1872-73, de 89 1/2; en 1873-74, de 91 1/2; en 1874-75, un peu plus de 96 2/3; enfin, pour 1875-76, la dépense étant fixée à 1.484.886 £ et les recettes évaluées à 1.216.362 £ seulement (*), on prévoit un déficit de 268.524 £, et cela

(*) Voici, d'après l'*Electrical News* du 5 août, comment la commission

sans qu'il ait été porté en compte aucun loyer pour les nouvelles constructions de Saint-Martin-le-Grand, qui ont coûté plus de 500.000 £, et que la division des télégraphes occupe en grande partie.

Un autre rapprochement confirme ces indications : tandis qu'en 1871, avec 10 millions de dépêches environ, l'excédant des recettes sur les frais d'exploitation était de 303.457 £, il est tombé à 36.725 en 1875, avec plus de 19 millions de dépêches.

Ainsi donc le service télégraphique menace de faire

évalue les dépenses et les recettes pour l'année 1875-1876 :

Dépenses :

	£
Dépenses de la télégraphie	1.097.714
Travaux compris dans les prévisions pour les constructions publiques	39.466
Fournitures de bureau, comprises dans les prévisions pour le service des fournitures	45.000
Frais de poste non payés au Post-Office par le service télégraphique (pour ordre)	7.000
Frais de fabrication de timbres-télégraphe, compris dans l'évaluation des recettes intérieures (pour ordre)	2,000
Intérêts des fonds affectés au réseau télégraphique (3 p. 100 sur un capital de 9.790.198 £)	293.706
Total	1.484.886

Recettes :

	£
Recettes de la télégraphie, d'après l'évaluation de l'exposé financier du chancelier de l'Échiquier, pour 1875-76	1.200.000
Recettes diverses	11.200
Taxes télégraphiques non payées par les autres départements	4.862
Taxes télégraphiques non payées par le Post-Office	300
Total	1.216.362
Insuffisance prévue des recettes pour couvrir les dépenses courantes et l'intérêt	268.524
Total égal	1,484,886

M. Franck-Yves Scudamore, dans un rapport au Post-Master-General, publié en extrait par le *Journal télégraphique* de Berne (numéro du 25

peser une charge permanente sur les finances anglaises. Pour que les recettes arrivent à couvrir les dépenses courantes et l'intérêt du capital, il faut que les frais d'exploitation, qui du temps des compagnies étaient en moyenne de 60 p. 100 du produit brut, ne dépassent pas 70 à 75 p. 100 ; la commission cherche donc le moyen de réaliser des économies. Et d'abord, tout en tenant compte de la pression qu'a subie le Post-Master-General, elle regrette

août 1871), estimait que le capital s'élèverait à 7.518.955 £ environ, se décomposant de la manière suivante :

I. *Sommes payées au* 31 *mai* 1871 :

	£	s.	d.
Pour rachats de lignes.	6.377.774	14	10
Pour le développement du réseau.	620.404	9	8
En intérêts de 500.000 £ avancées momentanément par les commissaires de la Banque d'Angleterre. . . .	780	16	5

II. *Dépenses prévues :*

Rachats de lignes (indemnités prévues pour les lignes de l'île du Man et indemnités déjà réglées pour celles des îles de la Manche).	235.948	»	»
Développement du réseau.	284.047	»	»
Total.	7.518.955	00	11

Le payement des indemnités de rachat a précédé, au moins dans la plupart des cas, l'abandon des lignes par les compagnies. A la date du 5 février 1870, au moment de la prise de possession du réseau, il ne restait plus à liquider que les indemnités relatives à quelques lignes secondaires, appartenant pour une notable partie à des compagnies de chemins de fer. A cette date, le gouvernement anglais avait déjà payé une somme de 5.715.048 £, représentant les indemnités allouées à six compagnies, savoir :

	£
Electric and International telegraph Co.	2.938.826
British and Irish magnetic telegraph Co.	1.243.536
Reuter's telegraph Co.	726 000
United Kingdom telegraph Co.	562.264
Universal private telegraph Co.	184.422
London and Provincial telegraph Co.	60.000

(*Journal des télégraphes*, cité par le *Journal télégraphique* du 25 février 1870.)

qu'un développement inutile, et par suite stérile, ait été donné au réseau. En 1874, le Royaume-Uni comptait 449 bureaux qui ne couvraient pas leurs frais ; Londres seul possédait 373 bureaux mixtes, poste et télégraphe, dont le rapprochement excessif entraînait une grande augmentation des frais de personnel et autres. — Outre la fermeture d'une partie de ces bureaux, la commission propose la suppression d'un certain nombre d'inspecteurs des postes, dont les fonctions seraient confiées à des ingénieurs divisionnaires des télégraphes. — Enfin, elle insiste sur les avantages que le service trouverait, au point de vue de la discipline et surtout de la réduction des dépenses, dans l'emploi d'hommes empruntés au corps royal du génie.

Sur l'entretien des lignes, la commission signale également une économie à réaliser : au moyen d'une entente avec les compagnies, l'entretien pourrait se faire à frais communs pour leur réseau et pour celui de l'État, dont les lignes sur route seraient réduites (*) ; à défaut d'une pareille entente, elle demande qu'une nouvelle loi modifie à ce point de vue celles qui ont été rendues de 1868 à 1870 sur la télégraphie.

La commission s'occupe ensuite des dispositions à prendre pour augmenter les produits. Elle commence par remarquer que la taxe simple de 1 shilling correspond en moyenne à une transmission de 43 mots au lieu de 20, l'excédant étant représenté par les adresses de l'expéditeur et du destinataire, et surtout par les indica-

(*) Sous l'empire de la législation actuelle, les compagnies de chemins de fer demandent, pour autoriser l'établissement de lignes télégraphiques le long des voies, des indemnités assez élevées pour que le Post-Office ait eu jusqu'ici avantage à construire ses lignes sur route, malgré l'augmentation qui en résulte dans les frais d'entretien (*Electrical News* du 5 août 1875).

tions de service, qui, dans les 43 mots, entrent en moyenne pour 14. Ces indications lui paraissent pouvoir être considérablement réduites, et quant à la franchise des adresses, elle recommande de la supprimer, aussi bien pour le destinataire que pour l'expéditeur. — Le tarif spécial à la presse (*) lui semble aussi une abondante source de pertes ; en temps ordinaire, les fils sont déjà très-occupés par la correspondance de la presse, et, dans les cas extraordinaires, le réseau est absolument encombré. A diverses reprises, elle émet l'avis qu'à moins de nombreuses restrictions à ce privilége, la perte pécuniaire provenant de cette cause continuera à s'accroître.

Enfin, elle propose, toujours en vue d'augmenter les produits, de substituer à la taxe minima de 1 shilling un tarif calculé soit à raison de 6 pence pour 10 mots, soit de un penny par mot (y compris les adresses dans les deux cas), cette dernière taxe pouvant être réduite à un demi-penny, si ce tarif devenait rémunérateur. En résumé, le principe général dont s'inspire M. Weaver, et que la commission adopte avec lui, pour cette réforme du tarif, principe comportant d'ailleurs une concession facile à déterminer, en faveur de la presse, consiste à écarter tout service ne couvrant pas les frais qu'il occasionne, et à le remplacer par un travail qui paraisse devoir devenir commercialement fructueux.

La commission termine son rapport en faisant remarquer que le transfert des télégraphes à l'État était un essai d'une nature jusque-là inconnue dans le pays ; que l'acte de 1868, sur le télégraphe, avait été adopté avant que le gouvernement n'eût acquis aucune expérience au

(*) 1 shilling par 75 mots, pendant le jour (avant six heures du soir), et 1 shilling par 100 mots, pendant la nuit ; surtaxe de 2 d. par 75 mots ou par 100 mots, pour chaque destinataire en sus du premier.

sujet de la branche du service public qu'il fallait créer, et que ni le Parlement ni le public ne seraient fondés à se plaindre si l'on cherchait à remédier aux imperfections résultant de la législation adoptée à titre d'essai durant les dernières années.

Ce rapport produisit dans la presse anglaise une émotion d'autant plus vive que l'on avait espéré réaliser, à l'aide de la dépêche à 1 shilling, un succès financier comparable à celui qu'avait déterminé la lettre à 1 penny. Beaucoup de journaux le commentèrent ; mais, dit l'*Engineering*, les opinions émises prouvent pour la plupart que leurs auteurs étaient complétement incapables de saisir la question dans son ensemble, tandis qu'ils montraient une aptitude remarquable à citer de petits détails, souvent étrangers au sujet. Quoi qu'il en soit, certaines propositions de la commission ont rencontré une opposition marquée : telle est, par exemple, malgré le soin qu'elle avait eu d'aller au-devant des objections, sa proposition relative à l'emploi du génie militaire. — Il en a été de même, en général, de celles qui se rapportent au remaniement du tarif. L'*Engineering* n'indique pas les journaux dont il résume les appréciations; mais nous trouvons dans l'*Evening Standard* une protestation très-nette contre toute aggravation. « Il est malheureux », dit ce journal dans son numéro du 7 août, « il est malheureux « qu'il y ait une perte sur les télégraphes, et il est évi- « dent que non-seulement cette perte existe, mais encore « que son importance s'est accrue chaque année jusqu'à « l'année dernière, où elle a atteint le chiffre de « 218.000 £, presque le montant intégral de l'intérêt « du capital engagé dans la télégraphie ; mais quoique « cette somme représente plus de la trois-centième partie

« de notre dépense nationale, le public ne sera persuadé « de la nécessité d'une augmentation de taxe, même « légère, que lorsque la situation sera devenue pire « encore. »

En ce qui le concerne, l'*Engineering* critique le développement excessif donné au réseau dans des régions improductives, et surtout les travaux extraordinaires qui ont été exécutés à l'occasion de courses de chevaux, de *matches*, et d'autres réunions semblables. — Il n'admet pas l'excuse tirée de l'augmentation survenue dans le prix du matériel, de la main-d'œuvre..., augmentation qui, dans le cours de quelques années, ne dépasse pas une certaine moyenne. — Pour lui, toutefois, la responsabilité retombe en partie sur le Parlement, qui n'a pas su maintenir le Post-Office dans les limites de la prudence; et d'ailleurs, il ne faut pas s'exagérer l'importance des dépenses effectuées : ces dépenses s'appliquent en partie à des constructions neuves et à de grosses réparations, qui, en bonne comptabilité commerciale, doivent être imputées sur plusieurs exercices. — L'*Engineering* n'aborde pas la question du tarif général; quant aux dépêches de presse, pour lesquelles on a à transmettre, d'un bout à l'autre du royaume, jusqu'à 20.000 mots en quelques heures, il les considère comme un abus, non justifié et sans profit. — Il repousse tout abaissement dans le traitement du personnel, qui doit être composé d'un nombre suffisant d'agents capables. — En somme la situation n'a rien d'inquiétant à ses yeux, et l'application à la télégraphie des sains principes commerciaux suffira pour conduire à un succès, sinon brillant, du moins solide. — Il convient donc d'user de patience à l'égard des chefs du service télégraphique.

Ils ont accompli de vigoureux efforts pour réaliser les meilleures conditions théoriques et pratiques ; un simple coup d'œil à l'intérieur de la station centrale de Saint-Martin-le-Grand suffira pour en convaincre les économistes les plus invétérés, et puisqu'un système complet de télégraphie est nécessaire, il faut savoir payer sans murmurer une somme raisonnable pour en assurer le succès.

D'après ce qu'on vient de voir, l'*Engineering*, tout en atténuant la rigueur de ses jugements, se rapproche de la commission sur différents points, et en particulier dans sa manière d'envisager la question de principe ; le Post-Office avait, au contraire, trouvé un défenseur décidé dans le *Telegraphic Journal* (numéro du 15 juin 1875), répondant au rapport de la Trésorerie au Parlement : « Le « tort le plus grave que nous puissions découvrir au « Post-Office », dit cette revue, « c'est d'avoir déployé « trop de zèle dans le service de son maître, — le pu- « blic. » — Dans un ordre d'idées analogue à celui où nous avons déjà vu l'*Engineering* se placer, le *Telegraphic Journal* remarque que le budget télégraphique se décomposait précédemment en deux parties : le capital et les dépenses d'exploitation ; depuis que le premier de ces deux chapitres a été clos, au commencement de 1874, par le chef du précédent ministère, le second chapitre dut nécessairement pourvoir à l'entretien et à l'extension du réseau. Le Parlement a accordé les crédits nécessaires, et, jusqu'ici, personne dans le public n'a eu à se plaindre du fonctionnement du service, ni à regretter le rachat des lignes.

Le fait que le produit net des télégraphes ne suffit pas, quant à présent, à payer l'intérêt des fonds engagés dans

leur acquisition, appelle assurément une sérieuse attention ; mais le développement naturel de la correspondance aura bientôt transformé le déficit en bénéfice. Et d'ailleurs, si l'on fait tant de bruit pour une insuffisance de 100.000 £ par an, il ne faut pas passer sous silence ce que la nation reçoit en échange. En même temps que l'on introduisait un tarif réduit et uniforme, il n'était pas de village important des trois royaumes qui ne fût desservi par un télégraphe installé, non plus seulement à la gare ou dans le voisinage, mais au centre même de la population et des affaires. Plus de bureaux à service intermittent ; la transmission et la remise des dépêches se font plus régulièrement, plus vite et à meilleur marché. — On a adopté pour les dépêches de presse un système tellement libéral et tellement parfait, qu'il permet aux journaux, même dans les provinces les plus reculées, de publier des relations de plusieurs colonnes, au sujet d'événements accomplis depuis quelques heures seulement. Ce résultat, aucun système de télégraphie commerciale n'aurait permis de le réaliser ; il n'a été rendu possible que par l'unification et le remaniement du réseau d'après le plan adopté par le service des postes et des télégraphes. — Enfin, le gouvernement a organisé une administration télégraphique digne de servir de modèle dans tous les pays, et il a réussi à obtenir un revenu qui dépasse dans une certaine mesure les frais d'exploitation ; l'accroissement naturel du mouvement des dépêches et la perfection avec laquelle ce mouvement s'effectue donnent toute confiance que le moment n'est pas loin où l'équilibre financier sera établi.

L'*Electrical News*, dans ses numéros des 12 août et 16 septembre, nous donne le résumé des observations du

Times sur le même sujet. — L'écrivain du *Times* estime qu'il y a lieu d'éprouver plus de satisfaction d'avoir atteint des recettes qui dépassent toute espérance, que de découragement au sujet de l'augmentation de la dépense. Le Post-Office, en effet, ne doit pas être gouverné par les considérations purement commerciales qui régissent les compagnies; le réseau national deviendra une source de profits pour l'État, mais ce qu'il fallait par-dessus tout, c'était de le mettre à la hauteur des besoins du service et à la portée du public.

Examinant ensuite les diverses propositions de la commission, il ne voit pas grand avantage à la suppression des bureaux en déficit, suppression qui d'ailleurs serait mal accueillie de la partie du public à laquelle ils sont utiles. De 728 sur 3444, en 1872, le nombre de ses bureaux est tombé à 449 sur 3692, en 1874; ils passent donc progressivement dans les catégories plus élevées; les fermer aujourd'hui, ce serait sacrifier les dépenses occasionnées par leur installation, ce serait exposer les postes dont ils reçoivent des dépêches à devenir eux-mêmes improductifs. — Les bureaux de Londres sont trop multipliés! 7 seulement, sur 373, ne couvrent pas leurs frais.

C'est une question, poursuit l'écrivain du *Times*, de savoir si, dans la pratique, il y aurait avantage à transférer aux ingénieurs divisionnaires les fonctions des inspecteurs des postes, et à charger le génie militaire de la construction et de l'entretien des lignes. Sur ce dernier point, l'expérience ne paraît pas favorable : pendant un certain temps, et d'après l'instante demande du ministère de la guerre, les hommes du génie furent employés sur une section; la main-d'œuvre atteignit en moyenne 1£ 19 s. 1/2 d. par mille de fil; dans deux sections voisines, avec

les ouvriers ordinaires, elle était de 1 £ 11 s. 11 1/2 d. pour l'une et de 1 £ 6 s. 5 d. pour l'autre.— Si l'on s'entend avec les compagnies de chemins de fer pour l'entretien des lignes télégraphiques, comme le public est intéressé dans les deux catégories de télégraphes, il semble à propos que le service public soit chargé de la surveillance plutôt que les compagnies privées.

A l'égard des indications de service que l'on donne comme représentant une moyenne de 14 mots par dépêche, il fait remarquer que ce sont souvent des mots d'une seule lettre ; la durée de leur transmission ne correspond guère qu'à 6 ou 7 mots moyens. Ce n'est donc pas dans cette direction qu'il faut chercher une réforme des dépenses de la télégraphie.

Le *Times* entre ensuite dans de longs développements au sujet d'une modification du tarif. —Il rappelle d'abord que, si le service télégraphique est en déficit d'un quart de million sterling, le public réalise, sur les 20 millions de dépêches qu'il transmet actuellement, une économie quatre fois aussi forte : il y a six ans, le prix moyen d'un télégramme était de 2 s. 2 d., maintenant il est de 1 s. 2 d. L'écrivain reproche à la commission d'avoir perdu de vue cette différence en établissant le rapport des frais d'exploitation aux recettes, et de n'avoir pas reconnu qu'en réalité le prix de revient par dépêche est beaucoup moindre pour le gouvernement qu'il n'était sous le régime des compagnies.

La taxation par mot, appliquée sur les grandes lignes sous-marines, lui semble alors justifiée par le chiffre élevé de la taxe minima ; mais avec le nombre de dépêches qui circulent dans le service intérieur, ce mode de taxation entraînerait une complication qui se traduirait par une augmentation notable de dépense. — Le *Times* admettrait

le tarif de 6 pence pour 10 mots. Le prix de la dépêche moyenne, avec sa longueur actuelle, se trouverait porté à 1 s. 6 d.; mais il est à prévoir qu'un grand nombre de télégrammes se réduiraient aux limites de la taxe minima, et le service télégraphique, ayant à supporter les mêmes dépenses pour imprimés, salaire des porteurs, indications de service,... se trouverait en somme n'avoir pas beaucoup plus de bénéfice qu'à présent.

Bien que partisan d'un tarif uniforme, le *Times* désirerait qu'en maintenant la taxe de 1 s. dans l'étendue du Royaume-Uni, on la réduisît à 6 d. pour les dépêches circulant à l'intérieur des grandes villes. On provoquerait ainsi de nouvelles catégories de dépêches, se rapportant surtout aux relations de famille et de société; on familiariserait par suite le public avec l'emploi du télégraphe, et en même temps on fournirait un nouvel aliment à l'activité des bureaux-succursales qu'on ne trouve pas assez occupés.

Les compagnies transmettaient annuellement 2 millions de mots en nouvelles de presse; le Post-Office en transmet actuellement 250 millions. Il y a là, selon la commission, une abondante source de perte; mais, observe le *Times*, cette perte résulte-t-elle du tarif de transmission, ou d'une surtaxe insuffisante, pour frais de copies, sur les dépêches adressées aux associations de journaux? La commission ne le dit pas. — Il serait à désirer également qu'elle fît connaître la concession qu'elle entend accorder à la presse sur le nouveau tarif. Peut-être pourrait-on trouver qu'il y a lieu d'augmenter la surtaxe des copies supplémentaires, ou d'adopter un tarif plus élevé pour certaines catégories de dépêches, celle du sport par exemple, que l'on considérerait comme correspondance de luxe. Mais on peut être sûr que, si la

question se pose, le Parlement, d'accord en cela avec l'opinion publique, envisagera la presse comme un service national et ne la traitera pas uniquement d'après les considérations commerciales invoquées dans le rapport de la commission.

Pour améliorer la situation financière du service télégraphique, conclut le *Times*, ce qu'il faut, ce n'est pas d'augmenter ses tarifs, c'est de lui ouvrir des crédits assez larges pour faire face aux exigences du développement énorme qu'il a pris et qu'il est appelé à recevoir; les dépenses les plus importantes sont terminées, les dépenses extraordinaires ne peuvent que diminuer, et l'accroissement continu de la correspondance suffira pour établir l'équilibre. Dès à présent, d'ailleurs, et malgré l'insuffisance des recettes, l'immense avantage qu'a procuré l'extension du réseau télégraphique constitue un bénéfice indirect qu'il ne faut pas oublier.

Nous nous sommes appliqué à reproduire fidèlement, autant que le permettaient les documents dont nous disposions, l'esprit du rapport et des appréciations émises par la presse anglaise; mais trop d'éléments nous font défaut pour qu'il puisse entrer dans notre pensée de prendre parti entre ces opinions parfois si opposées. On comprend très-bien, par exemple, que si l'extension du réseau est chose désirable, elle peut prendre cependant des proportions exagérées ; le Post-Office a-t-il dépassé la mesure raisonnable, comme le prétendent la commission et l'*Engineering*? a-t-il, au contraire, comme le dit le *Telegraphic Journal*, mérité d'être proposé pour exemple? Ce sont là deux opinions que leurs auteurs ont pu défendre avec une égale conviction; mais le vague dans lequel

se tiennent leurs arguments, ou plutôt l'absence d'arguments à l'appui de leurs affirmations, nous laisse dans la plus complète incertitude.

Si cette insuffisance de données précises, dans les parties qui ne se rapportent pas à la comptabilité proprement dite, existait réellement dans le travail de la commission, si l'on ne devait pas l'attribuer aux omissions qui se produisent nécessairement dans une analyse, elle enlèverait beaucoup de leur autorité aux conclusions du rapport, et constituerait une lacune regrettable; mais le reproche le plus grave que le rapport nous paraît encourir a trait au point de vue exclusif duquel il a été conçu. Loin de nous, assurément, l'intention de contester l'importance d'une comptabilité régulière, et nous comprenons parfaitement que la Trésorerie désirât s'éclairer au sujet d'une situation anormale. Mais en se plaçant uniquement au point de vue de l'équilibre budgétaire, en se bornant même à envisager l'équilibre du budget spécial des télégraphes, la commission nous semble, et, comme on l'a vu, la même opinion s'est manifestée dans la presse anglaise, avoir réduit à des proportions trop étroites les questions qui se rattachent à l'organisation d'un grand service public.

Cette vue restreinte l'a conduite à une sorte de protestation, peut-être involontaire, contre le rachat des télégraphes par le gouvernement anglais. Si, en effet, ce service doit être régi par des principes exclusivement commerciaux, il ne semble pas que ce but pût être atteint plus sûrement qu'en laissant la télégraphie aux mains des compagnies, et l'on doit regretter qu'elle leur ait été enlevée.

Telle n'est sans doute pas l'opinion de la commission. Une comptabilité un peu sommaire au début, quelques

entraînements peut-être, fort explicables d'ailleurs de la part d'une administration nouvellement créée, ne sauraient suffire à condamner une réforme dont l'utilité était hautement proclamée lors de sa réalisation encore si récente. En présence d'un déficit, quelque peu inquiétant qu'il fût, la commission aura tenu à rappeler les principes de prudence et d'économie, qui sont d'une nécessité journalière dans les services publics aussi bien que dans les affaires commerciales. Elle a eu toutefois le tort de ne pas faire assez voir que ces principes n'ont rien d'inconciliable avec la largeur de vues qu'impose, aux services d'un grand État, l'étendue des besoins auxquels ils sont appelés à pourvoir, et de paraître oublier que la conduite à tenir n'est pas identiquement la même, suivant que l'on recherche un bénéfice prochain ou que l'on a en vue les intérêts permanents et si complexes d'une nation.

H. Demeaux.

DES MOYENS D'AUGMENTER

LE RENDEMENT DES FILS TÉLÉGRAPHIQUES

DESSERVIS PAR DES APPAREILS ÉCRIVANTS (*).

Transmission à double courant.

Dans le système de transmission à double courant, les courants positifs et négatifs émis sur la ligne sont tantôt *permanents*, tantôt *intermittents*, tantôt *compensateurs*.

1° *Courants permanents.* — La ligne est constamment parcourue par un courant pendant la transmission : le courant *direct* détermine la formation du signal, le courant *inverse* détermine la cessation du signal et occupe la ligne pendant toute la durée de l'intervalle des signaux. Le relais ou récepteur est à armature *aimantée*, et les mouvements alternatifs de cette armature sont produits par les courants de sens contraire. Le courant *direct* ou *d'impression* n'ayant plus alors à vaincre la tension du ressort de rappel, qui se trouve remplacé par l'action du courant *inverse* ou *d'espacement*, il est clair que les relais ou récepteurs *polarisés*, employés dans ce mode de transmission, sont beaucoup plus sensibles que les relais ou récepteurs ordinaires.

De plus, dans les relais ordinaires, le ressort doit être réglé à chaque instant suivant l'intensité du courant reçu; tandis qu'avec un relais polarisé et des courants

(*) Voir *Annales*, t. I, p. 329, et t. II, p. 452.

alternatifs, aucun réglage n'est plus nécessaire, puisque le courant positif et le courant négatif sont soumis aux mêmes causes de diminution, et, sans la présence des courants naturels, on n'aurait jamais besoin de toucher au réglage des appareils polarisés; mais ces courants naturels s'ajoutant à l'un ou l'autre seulement des courants émis pour la transmission, et déterminant une attraction plus grande d'un côté que de l'autre lorsqu'on ne travaille pas, il est nécessaire de faire varier le jeu de la palette quand le courant naturel vient à varier.

La transmission à double courant a été employée tout d'abord sur les lignes sous-marines, car elle accélère comme nous le verrons, la transmission des signaux; elle offre en outre pour les lignes aériennes un avantage important résultant de ce que la ligne est constamment occupée par un courant pendant la transmission.

En effet, dans la transmission ordinaire, la ligne étant libre dans l'intervalle des signaux, il importe de ne pas donner trop de sensibilité aux récepteurs, afin qu'ils ne soient pas affectés par les courants de dérivation provenant des pertes des fils voisins; mais lorsque la ligne est parcourue par un courant dans l'intervalle des signaux, un récepteur même réglé très-sensiblement n'imprimera en général que les signaux émis par le correspondant. Car, ou bien le courant de dérivation qui entrera dans la ligne pendant les intervalles des signaux aura la même direction que le courant inverse et, dans ce cas, il aidera ce dernier à maintenir l'armature dans sa position de repos; ou bien il aura le sens du courant direct et, dans ce cas, il ne pourra donner lieu à un faux signal que s'il est assez intense pour neutraliser le courant inverse.

Le système à double courant est très-usité en Angle-

terre sur les lignes de plus de 200 kilomètres de long, surtout quand plusieurs appareils sont intercalés dans le parcours de la ligne.

Dans l'application aux lignes sous-marines et aériennes, on fait usage du relais polarisé de Siemens. On sait que ce relais peut être réglé soit de manière que la languette reste indifféremment dans la position où elle a été placée par le dernier courant émis, soit de manière qu'elle revienne d'elle-même à sa position de repos, quand le courant cesse d'agir. Dans le premier cas, les deux contacts sont placés de chaque côté de la ligne axiale passant à égale distance des pôles de l'électro-aimant, et l'emploi de courants inverses est indispensable; dans le second cas, les deux contacts sont placés d'un même côté de cette ligne, et le relais peut fonctionner avec un seul courant, l'attraction du pôle le plus voisin remplaçant le ressort de rappel. Il est clair que, dans ce dernier système, l'appareil perdra un peu de sa sensibilité. Mais dans la transmission à double courant permanent, le but de la pile contraire est quelquefois uniquement de décharger la ligne et non pas de produire un travail mécanique; alors cette pile est composée d'un moins grand nombre d'éléments, ou elle ne fonctionne qu'un instant très-court. Dans ce cas on règle le relais de façon que la languette appuie légèrement sur le butoir de repos quand aucun courant ne traverse l'appareil; le courant direct appuie la languette contre le butoir de pile; dans l'intervalle des émissions et pendant l'émission inverse, elle presse contre le butoir de repos.

Lorsque la ligne est mal isolée et que le courant d'arrivée est très-faible, il y a avantage à maintenir le circuit local fermé en réglant le relais de manière à donner à la languette une tendance à appuyer contre le contact de

pile, et non plus contre le butoir de repos. Il faut, en effet, une force plus grande pour assurer un bon contact que pour rompre un circuit ; ce dernier effet est produit par le courant inverse, et l'action du courant direct qui doit établir le contact est facilitée par cette précaution. Seulement il faut avoir soin de ne pas laisser le circuit local fermé quand on ne se sert pas de l'appareil, car les piles s'affaibliraient beaucoup.

La ligne devant être parcourue par un courant inverse dans les intervalles des signaux, le manipulateur doit être disposé de telle sorte que, pendant la transmission, le fil de ligne soit isolé du récepteur et relié à l'un ou à l'autre pôle de la pile, et que, pendant la réception, il soit relié au récepteur. De là la nécessité d'un commutateur.

Il en résulte que, pendant la transmission, le poste expéditeur ne peut être coupé par son correspondant, puisque son propre récepteur est hors du circuit. L'expérience semble avoir prouvé que cet inconvénient n'est pas grave ; il oblige seulement à collationner après la transmission. On peut y obvier, à l'aide d'un galvanomètre indicateur construit avec deux fils enroulés séparément (ou de deux galvanomètres), dont l'un est placé dans le circuit du récepteur et l'autre intercalé entre la pile et le manipulateur. Pendant la transmission, le premier fil est hors du circuit, et les signaux émis traversent le second qui est affecté également par les courants venant de la ligne, ce qui permet de reconnaître si le correspondant coupe ou envoie un courant.

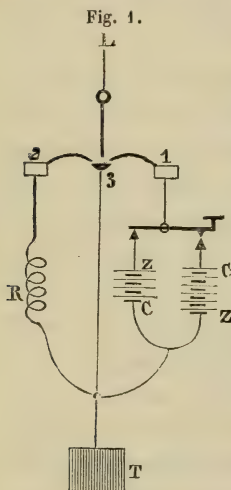
Dans la réception, le premier fil seul est placé dans le circuit.

Comme manipulateur, on emploie en général, sur les lignes sous-marines, le manipulateur de Siemens ; sur les

lignes aériennes, le manipulateur de Varley ou le manipulateur ordinaire avec un commutateur.

Le manipulateur de Siemens a pour but de mettre à volonté la ligne L en communication avec le manipulateur ou avec le récepteur R, sans qu'il soit besoin d'une manœuvre spéciale pour le commutateur. La *fig.* 1 en montre la disposition théorique : lorsque le commutateur est sur le contact 1, et qu'on manipule, le récepteur est à l'abri des courants de décharge ; quand le commutateur est sur le contact 2, les courants de la ligne sont reçus dans le récepteur. Enfin, pour éviter que la décharge ne traverse le récepteur, quand on passe de la position d'émission (1) à celle de réception (2), la ligne se trouve établie un instant en communication directe avec la terre par le contact 3, de manière à se décharger complétement entre les deux positions.

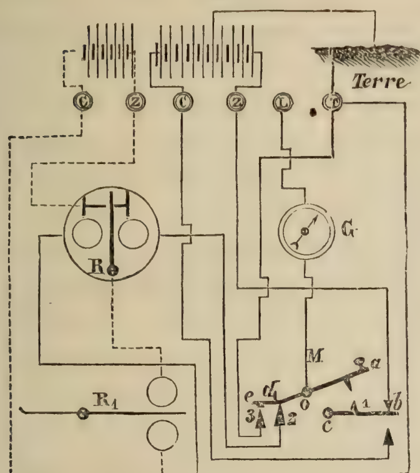
Fig. 1.



La forme habituelle de ce manipulateur est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'en donner la description (*) : pour éviter la fatigue qui résulte de la pression latérale qu'il faut exercer sur le levier en manipulant, MM. Siemens donnent actuellement à leur manipulateur la forme indiquée dans la *fig.* 2, laquelle représente l'ensemble d'un appareil Siemens destiné à la transmission sous-marine (M manipulateur, G galvanomètre, R relais

(*) *Voir* Blavier, t. II, § 760, ou *Annales télégraphiques* de 1860, p. 620, etc.

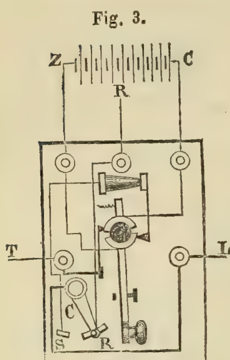
Fig. 2.



polarisé, R_1 récepteur polarisé, L bouton de ligne). Ce nouveau manipulateur se compose de deux leviers *aod* et *bc* mobiles l'un autour de *o*, l'autre autour de *c*. A l'état de repos, un ressort maintient les deux leviers écartés l'un de l'autre, comme le montre la figure, et la ligne est reliée au récepteur par le contact 2. Quand on manipule, ce contact est rompu, et les deux leviers *ao* et *bc* s'abaissent et s'élèvent ensemble, établissant alternativement la communication avec la pile de ligne et celle de décharge. Dès qu'on abandonne le manipulateur, les deux leviers se séparent, et avant que le levier *ad* ne touche le contact 2, l'appendice *de* vient établir un instant la communication de la ligne avec la terre en touchant le contact 3 ; de la sorte, la décharge ne traverse pas le relais du récepteur. La pile de décharge est composée d'un nombre d'éléments égal aux deux tiers de celui de la pile de charge.

Le manipulateur de Varley, fig. 3, consiste en un levier terminé par un disque dont les deux moitiés sont isolées l'une de l'autre ; l'une des moitiés est reliée au pôle zinc, l'autre au pôle cuivre de la pile : des ressorts reliés respectivement l'un à la terre, l'autre au contact d'émission S (*send*, envoyez) du commutateur C, frottent contre chaque moitié du disque. La manette du commutateur C est reliée à la ligne, et le second contact R au récepteur. Quand le commutateur est sur la position d'émission S, on envoie sur la ligne un courant positif ou négatif, selon que le manipulateur est ou non abaissé : suivant le jeu que l'on donne au levier, on peut allonger ou diminuer la durée des contacts, et obtenir par suite une durée en rapport avec l'état de la ligne, c'est-à-dire d'autant plus grande que la ligne est plus mal isolée.

Fig. 3.

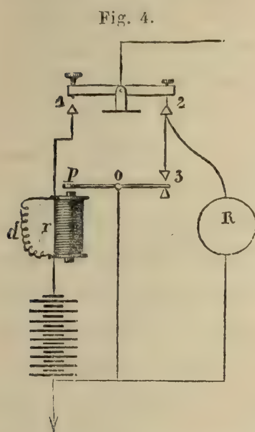


Enfin on adapte le *manipulateur ordinaire* à la transmission à double courant, en reliant le contact de repos du manipulateur à la manette d'un commutateur, qui le met en communication, soit avec le récepteur, soit avec la pile inverse. En abaissant le manipulateur, on envoie le courant direct ; en le relevant, le courant inverse. On emploie alors deux piles distinctes mises à la terre par leurs pôles de noms contraires.

Lorsque le courant inverse, au lieu de parcourir la ligne pendant toute la durée des intervalles des signaux, n'a pour but que de décharger partiellement la ligne et ne dure qu'un instant, on fait usage d'un commutateur automatique. Les commutateurs automatiques offrent

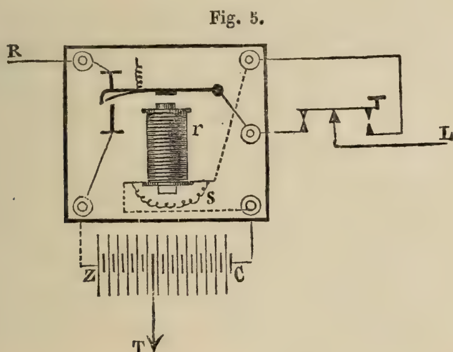
une analogie complète avec le relais de décharge de M. Schwendler (page 458, t. II), dont ils ont vraisemblablement donné l'idée. Il suffit, dans la *fig.* 4, de relier le levier *op* au pôle de la pile inverse (au lieu de le relier à la terre) pour obtenir un de ces commutateurs automatiques.

Fig. 4.



Ou bien le contact de repos du manipulateur est mis en communication avec l'armature d'un relais ordinaire, *fig.* 5. Les deux butoirs qui limitent la course de l'armature sont reliés, l'un au récepteur R, l'autre au pôle de la pile inverse, et l'électro-aimant est placé dans le circuit de la pile de ligne. L'armature est donc attirée quand on envoie le

Fig. 5.



courant direct, et elle presse contre le contact relié à la pile inverse. Quand on revient au repos, un ressort de rappel remet l'armature en communication avec le récepteur.

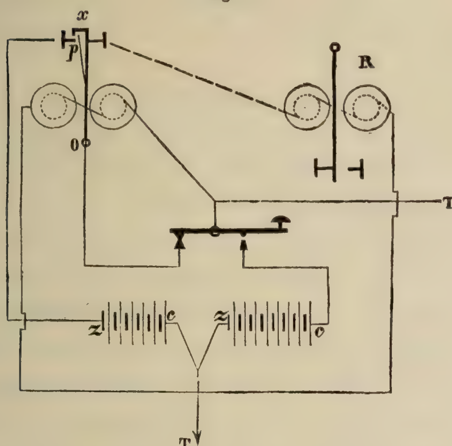
Pour que le courant inverse passe sur la ligne, il faut

prolonger le contact du levier avec le butoir inférieur après l'émission du courant direct. Diverses dispositions ont été proposées dans ce but : à l'armature serait fixé un piston mobile dans un cylindre plein d'huile ; le piston est muni d'une soupape qui s'ouvre quand il descend, et se referme quand il monte. Ou bien on fixe à l'armature l'une des extrémités d'un cordon qui s'enroule sur l'axe d'une roue dentée, et dont l'autre extrémité se termine par un poids. Un petit pignon dont l'axe supporte un volant engrène avec cette roue. Lorsque l'armature est attirée, elle se meut rapidement, le poids s'abaisse et le cordon glisse sur l'axe ; mais elle ne peut se relever qu'en faisant tourner la roue, le pignon, le volant, et en remontant le poids, ce qui exige un certain temps, pendant lequel le ressort de contact de l'armature reste en communication avec la pile inverse.

On a proposé aussi de placer en dérivation sur l'électro-aimant une pile secondaire, polarisée par le passage du courant de ligne, et qui au moment de sa cessation, développerait un courant de polarisation et maintiendrait le levier abaissé pendant un instant. Mais le moyen le plus commode est l'emploi d'une bobine de dérivation S (*fig.* 5), développant un extra-courant direct, qui traverse l'électro-aimant dans le même sens que le courant de la pile, et retarde sa désaimantation. Cette dérivation a, en général, une résistance égale à celle de l'électro-aimant ; en faisant varier sa résistance, on fait varier la durée du prolongement de l'action.

La *fig.* 6 montre la disposition employée pour la transmission avec courants inverses sur les câbles immergés entre l'Angleterre, d'une part, la Hollande et le Hanovre, de l'autre. Le commutateur automatique ou relais de décharge (dit *Zinc-Sender*) est un relais polarisé *r* dont la

Fig. 6.



languette oscille entre deux vis de contact. Cette languette est munie d'un ressort destiné à prolonger son contact sur la vis en communication avec la pile de décharge. La résistance des bobines de ce relais *r* est au moins égale à la somme des résistances de la ligne et du relais récepteur R. En abaissant le manipulateur, le courant direct se bifurque entre les bobines du relais de décharge et la ligne ; le levier *op* du relais de décharge vient alors appuyer contre la vis reliée au pôle zinc. Lorsque le manipulateur revient à la position de repos, la communication de *op* avec la pile de décharge se prolonge quelques instants après la rupture du circuit de la pile de ligne, et le courant inverse se divise encore entre la ligne, d'une part, et les bobines du relais *r*, de l'autre : la première portion décharge la ligne, la seconde ramène la languette *op* sur la position de réception.

Le relais de décharge doit être réglé de façon que l'attraction de la languette contre le contact de réception soit suffisante pour qu'elle ne se meuve pas sous l'action

du courant d'arrivée : la dérivation à la terre par le relais de décharge facilite aussi dans une certaine mesure la décharge de la ligne.

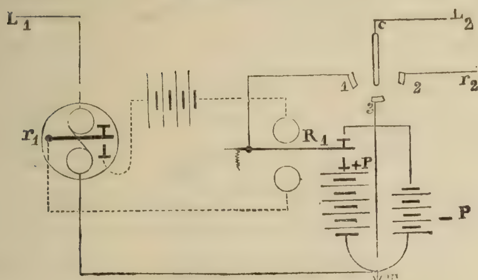
Tous les commutateurs automatiques permettent au correspondant de couper la transmission dès qu'il se produit un petit arrêt dans la manipulation.

Translation dans le système à double courant. — Dans toute translation, la station intermédiaire où aboutissent les fils L_1 et L_2 est munie de deux récepteurs R_1 et R_2 correspondant chacun à une des stations extrêmes 1 et 2. Quand la station 1 transmet, ses signaux sont reçus sur le récepteur R_1 dont le levier imprimeur agit comme manipulateur pour renvoyer les signaux à la station 2 ; et si celle-ci transmet, ses signaux sont reçus sur R_2 et le levier imprimeur de R_2 renvoie les signaux à la station 1. Dans le système à double courant, la ligne doit de plus, pendant la transmission, être isolée de son récepteur et reliée à son manipulateur, et inversement pendant la réception ; alors si la station 1 transmet, la ligne L_2 dans la station intermédiaire doit être isolée de son récepteur R_2 et reliée à son manipulateur (c'est-à-dire au levier du récepteur R_1) ; et si la station 2 transmet, la ligne L_1 dans la station intermédiaire doit être isolée de son récepteur R_1 et reliée à son manipulateur, c'est-à-dire au levier du récepteur R_2.

La *fig.* 7 montre comment la translation peut s'effectuer avec les appareils sous-marins Siemens : elle s'opère à l'aide du récepteur polarisé dont le levier a sa course limitée par deux vis :

Le courant venant de L_1 pour aller à L_2, le commutateur C est placé sur le contact 1, et le relais r_1 reçoit les signaux de la ligne L_1. Tant que L_1 envoie un courant négatif, la languette du relais r_1 reste sur le contact isolé :

Fig. 7.



le circuit local (figuré en ponctué) est ouvert, et le levier du récepteur R_1 fait communiquer L_2 avec la pile négative — P. Si le courant venant de L_1 est positif, le circuit de la pile locale est fermé, et le courant positif de la pile + P passe sur la ligne L_2.

Lorsque la transmission est terminée, on met la tige du commutateur C sur le contact 2, qui est en communication avec un relais r_2 et un appareil imprimant R_2 jouant le même rôle par rapport à L_1 que r_1 et R_1 par rapport à L_2. Un commutateur semblable à C se trouve sur le parcours du fil L_1.

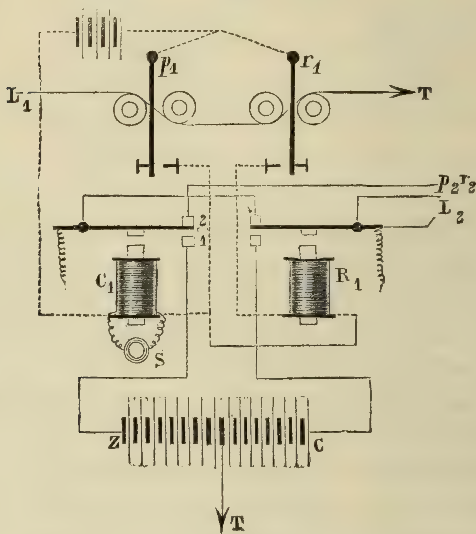
En passant du contact 1 au contact 2, la tige du commutateur C établit pendant un moment la communication entre la ligne et la terre au moyen du contact intermédiaire 3 qui opère la décharge de la ligne.

On perdrait trop de temps si la manœuvre du commutateur était faite par un employé ; c'est l'appareil imprimant lui-même qui accomplit automatiquement cette manœuvre. (Voir *Annales télégraphiques* de 1859, p. 634.)

Le mode de translation à double courant, en usage sur les lignes aériennes d'Angleterre, est décrit très-complétement dans le *Handbook of practical telegraphy* de M. Culley.

Nous nous contenterons d'indiquer le principe du système *de Varley* (*fig.* 8).

Fig. 8.



La station intermédiaire est munie de deux séries d'appareils comprenant chacune : un récepteur ou parleur R_1, dont le levier sert de manipulateur pour renvoyer les signaux à la station qui reçoit ; un commutateur automatique C_1 et deux relais polarisés p_1 et r_1. Le courant de la station de départ traverse les deux relais, mais les parcourt en sens inverse, de telle sorte que s'il agit sur l'un et place sa languette sur le contact de pile, il n'agit pas sur l'autre dont la languette reste sur le contact isolé : le relais r_1 fait fonctionner à la fois le récepteur R_1 et le commutateur automatique C_1 en formant un circuit local qui comprend les deux appa-

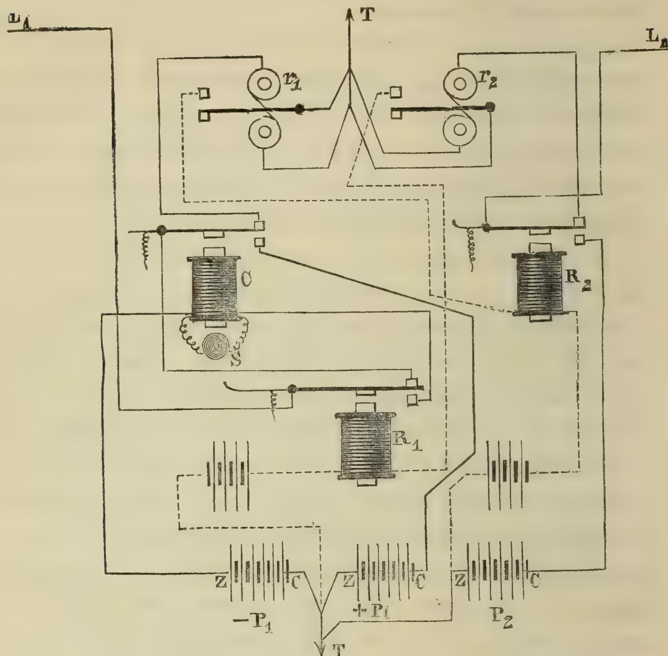
reils, tandis que le relais p_1 ne fait fonctionner que le commutateur C_1 seulement.

Supposons que la station 1 transmette : le courant direct arrivant par L_1 agit sur r_1 seulement, lequel fait abaisser les leviers de R_1 et C_1, et un courant positif est alors envoyé sur la ligne L_2. Le courant inverse arrivant par L_1 agit sur p_1, lequel fait abaisser seulement le levier de C_1, et un courant négatif est alors envoyé sur L_2.

Le levier du commutateur automatique C_1 doit rester sur le contact 1 tout le temps que la station 1 transmet, et le levier de R_1 envoie un courant direct ou inverse suivant qu'il est abaissé ou soulevé. Pour assurer l'envoi du courant inverse pendant les intervalles, il faut que le levier de C_1 reste encore abaissé un instant après que le courant a cessé d'agir, et qu'il appuie encore sur le contact 1, lorsque le levier de R_1 s'est relevé et touche le butoir supérieur. L'extra-courant développé par la bobine de dérivation S produit ce prolongement d'action : alors, si la station 1 continue à envoyer son courant inverse, le contact du levier avec 1 continue pendant tout l'intervalle, et un courant inverse passe également tout ce temps sur L_2. Si, au contraire, il y a un arrêt dans la transmission, le levier de C_1 se relève et vient établir le contact 2, quand l'extra-courant a cessé d'agir, et la ligne L_1 peut alors recevoir les transmissions venant de L_2.

Translation entre simple et double courant, *fig.* 9. — On peut avoir une translation à établir entre un câble sous-marin sur lequel on travaille avec le système à double courant et une ligne aérienne sur laquelle on travaille à simple courant : c'est ce qui se passe à Amsterdam, où une translation est établie pour relier Londres à Berlin. Alors, Londres transmettant avec courants inversés, le récepteur R_2, en communication avec Berlin, doit envoyer

Fig. 9.



un courant positif quand Londres émet un courant direct, et n'envoyer aucun courant quand Londres émet un courant négatif. Berlin transmettant à simple courant, le récepteur R_1 en communication avec Londres doit envoyer un courant direct quand Berlin envoie son courant, et envoyer un courant de décharge pendant les intervalles des signaux de Berlin. La *fig.* 9 montre le principe de l'installation faite dans ce but par M. Varley. Le courant direct envoyé sur le câble est un courant négatif, le courant de décharge envoyé par le relais de décharge C n'agit pas pendant toute la durée de l'intervalle et est positif.

Le courant direct de Londres arrivant par L_1 fait fonctionner le relais polarisé r_1 lequel ferme le circuit local de R_2 et envoie un courant positif sur L_2. Le courant inverse de L_1 n'agissant pas sur r_1, aucun courant n'est envoyé sur L_2.

Si Berlin envoie son courant par L_2, le relais r_2 fonctionne et ferme le circuit de R_1 : alors le courant de la pile de ligne — P_1 va sur L_1 en faisant fonctionner le relais de décharge C. Dans l'intervalle de ses signaux, Berlin n'envoie aucun courant, le levier de R_1 se relève ; mais celui de C reste encore un instant abaissé par l'effet de la dérivation S, et livre passage au courant cuivre de la pile de décharge + P_1. Si la transmission s'arrête, le levier de C se relève ensuite, et aucun courant ne passe plus alors sur L_1.

Effet de la transmission à double courant permanent. — Sur toutes les longues lignes, la confusion des signaux est la cause la plus importante du ralentissement de la transmission. Il semble que cette confusion sera moins à redouter si, pendant les intervalles, la ligne est occupée par un courant inverse de celui qui produit le signal, car si les courants se rencontrent, ils se détruiront aux points communs. En construisant cependant les courbes d'arrivée des signaux, on voit que la vitesse de transmission doit être théoriquement la même, soit que l'on travaille avec deux piles égales et de sens contraire $+\frac{E}{2}$ et $-\frac{E}{2}$, ou avec une seule pile E, en ayant soin au départ de mettre la ligne directement à la terre pendant les intervalles. Dans le premier cas, l'intensité du courant à l'extrémité de la ligne doit passer de l'intensité $+\frac{i}{2}$ à l'intensité

$-\frac{i}{2}$, alors que dans le second cas elle doit passer de 0 à i. Or, le temps nécessaire pour cet effet est le même dans les deux cas ; mais comme, dans les appareils électromagnétiques, un accroissement déterminé d'intensité produit d'autant plus d'effet que le courant est moins intense, il y a en réalité avantage à diminuer l'intensité moyenne du courant, c'est-à-dire à employer deux piles donnant des courants de sens contraire.

Si les deux piles employées sont égales, la succession des signaux présentera des phénomènes analogues à ceux que nous avons analysés dans la transmission à simple courant, relativement à l'inegalité de durée des émissions et des intervalles. (*Voy.* p. 462, t. II.)

Ainsi, dans la lettre R (·—·), le point émis avant le trait sera raccourci ou disparaîtra, car le courant inverse qui a chargé le fil dans l'intervalle précédent neutralise au moins en partie le courant imprimeur. Le courant direct qui produit le trait atteint une intensité élevée à cause de la durée de l'émission, et pendant le court intervalle qui suit, l'intensité n'ayant pas le temps de décroître suffisamment, le point qui suivra le trait sera très-rapproché, tendra à se confondre avec lui, et sera dans tous les cas un peu prolongé.

La lettre offrira dans l'aspect – —— — . Les moyens de compensation déjà indiqués seront applicables à la transmission à double courant permanent.

Mais, dans la pratique, on opère souvent plus simplement ; le courant inverse ou courant d'intervalle n'a plus pour but de produire un signal ni de décharger complétement le fil, car alors le courant direct suivant devrait opérer une charge nouvelle, ce qui retarderait le signal : il doit seulement produire une diminution de charge suf-

fisante pour que l'inteusité du courant décroisse promptement à l'extrémité du conducteur, afin de déterminer la cessation du signal. Alors l'émission du courant inverse doit durer moins de temps que celle du courant direct, et c'est ce qui a lieu avec les relais de décharge ou le commutateur automatique (dans la translation entre simple et double courant) ; ou bien il doit être produit par une pile moins forte, et c'est ce qui a lieu dans le système Siemens, où la pile de décharge n'est que les 2/3 de la pile qui produit l'impression des signaux.

2. *Courants intermittents.* — Lorsque le relais polarisé est réglé de façon que les deux vis de contact soient à égale distance de la ligne axiale passant au milieu de la ligne des pôles de l'électro-aimant, la languette reste dans la position où elle a été placée par le dernier courant émis jusqu'à ce que le courant inverse la ramène à la position opposée. On pourra alors obtenir à volonté des points ou des traits avec des émissions d'égale durée, et la longueur du signal dépendra, non plus de la durée du contact, mais de l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'émission du courant direct qui ferme le circuit local et commence le signal, et celle du courant inverse qui ouvre ce circuit et termine le signal. On peut ainsi reproduire les signaux Morse avec des courants égaux et de courte durée, tels que ceux obtenus par l'induction. Un point est produit par un courant positif instantané, suivi immédiatement après d'un courant négatif également instantané ; un trait, par un courant positif aussi très-court, puis après un intervalle de temps suffisant pour permettre au style ou à la molette de l'appareil imprimeur de former le trait, un courant négatif très-court l'éloigne de la bande.

Les appareils automatiques à composition préalable

de MM. Siemens (*) et Wheatstone sont fondés sur ce principe. Dans l'appareil de Siemens, on emploie une bande perforée comme celle de l'appareil Bain (**) et les courants peuvent être fournis par une pile ordinaire. La roue sur laquelle repose le papier, au lieu d'être formée d'une seule pièce comme dans l'appareil de Bain, est divisée en un certain nombre de dents réunies alternativement aux pôles positif et négatif d'une pile, de telle sorte que si l'on supprimait la bande de papier, le ressort, en appuyant sur la roue, enverrait sur la ligne une série de courants inversés. Les trous de la bande de papier sont disposés de telle sorte que pour former un point, le ressort touche d'abord une division positive de la roue, puis aussitôt après la division suivante, qui est négative; pour former un trait, le courant inverse n'est envoyé que par le contact avec la troisième division suivante : ainsi la première division étant positive, le contact du ressort avec cette division produit l'attraction de l'armature du relais polarisé; la deuxième et la troisième division qui sont, l'une négative, l'autre positive, ne donnent lieu à aucun courant, parce que le papier ne renferme pas de trous au-dessus d'elles; mais il y a un trou au-dessus de la quatrième division pour envoyer le courant inverse. Le papier est percé d'une seconde rangée de trous parallèle à la première, formant une crémaillère dans laquelle engrènent les dents de la roue destinée à faire avancer la bande. Cette disposition assure la concordance des perforations et des divisions de la roue sur laquelle le papier se déroule.

Ce système de contact présente les mêmes défauts que

(*) *Voir* Blavier, t. II, § 861.
(**) *Voir* Blavier, t. I, § 218.

celui de Bain. On a vu (*Annales*, tome I, 1874, page 348) comment on peut y remédier, et comment en particulier M. Wheatstone a éludé cette difficulté.

L'emploi de courants d'égale durée permet d'accélérer la transmission sur les lignes sous-marines et les longues lignes aériennes en régularisant les phénomènes de charge et de décharge ; car les conditions électriques de la transmission sont ramenées à celles d'une *série de points ;* mais comme les intervalles entre les courants sont nécessairement *inégaux*, la transmission est moins rapide que s'il s'agissait d'une série *de points équidistants.* L'inégalité des intervalles entraîne dans les lettres des déformations qui obligent à ralentir la vitesse, bien avant que l'on ait à se préoccuper de la disparition des points ou de la confusion des deux signaux successifs. Aussi, avec l'emploi des courants intermittents de l'appareil Wheatstone (sans compensation), quand on arrive à une certaine vitesse, variable d'ailleurs avec l'état de la ligne et surtout avec la position qu'occupent dans le circuit les fils souterrains et les câbles, il arrive que certaines lettres ou combinaisons de lettres parviennent dénaturées, et ces déformations sont d'autant plus marquées que les intervalles entre les courants sont plus irréguliers comme dans les lettres F (·· — ·) et R (· — ·).

Le point qui précède le trait est allongé et tend à se confondre avec le trait suivant, et celui qui suit le trait est raccourci ou perdu. Les déformations se produisent exactement en sens contraire de celles qu'on a remarquées dans le système à courants permanents. L'A (· —) devient un T (—), et l'N (— ·) donne T E (— ·).

En transmettant une série d'alphabets, on voit que les lettres peuvent être transmises d'autant plus rapidement que l'intervalle qui les sépare est plus court.

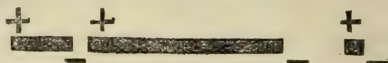
Voici comment ces effets sont expliqués d'une façon élémentaire par M. Culley. L'examen des courbes d'arrivée conduirait au même résultat.

Prenons la lettre R (·—·).

Aucun courant n'ayant été envoyé pendant la dernière partie de l'intervalle précédent, la ligne est libre et se charge par l'émission du point; le courant inverse qui le termine est suivi bientôt d'un courant direct pour l'impression du trait, et pendant le reste du trait la ligne n'est plus parcourue par aucun courant. Alors, dans cette première partie de la lettre, il y a eu émission de deux courants positifs et d'un seul courant négatif. Ce dernier, qui a formé l'intervalle, se trouvant placé entre les deux autres, tend à être détruit par chacun d'eux; donc l'intervalle tend à disparaître, et le point à s'allonger et à se confondre avec le trait.

Pour le point qui suit le trait, c'est l'inverse. On envoie un courant négatif pour terminer le trait et commencer l'intervalle, puis un courant positif suivi immédiatement d'un négatif pour faire ce point. Dans cet espace de temps égal au précédent, il y a eu deux courants négatifs, et entre les deux un seul courant positif pour faire le point; ce dernier tend à être détruit par les deux autres : donc, l'intervalle entre le trait et le point se trouve allongé et le point très-diminué ou même perdu. La lettre reçue a donc la forme ci-dessous, *fig.* 10.

Fig. 10.



Il suffit, d'ailleurs, de remarquer que, dans le long intervalle qui sépare l'émission du courant positif de

celle du courant négatif pour la formation du trait, la charge positive de la ligne s'écoule par la terre à l'extrémité du fil ou par les pertes; alors le courant négatif trouve la ligne moins chargée que dans le point où il suit immédiatement le courant positif. Si l'on considère les longs intervalles ou intervalles de lettres, on remarquera de même que le courant négatif qui les commence se perdant par les dérivations, le courant positif qui les termine trouvera la ligne moins chargée négativement que s'il terminait un intervalle court.

Ceci fournit le moyen de remédier aux inconvénients de l'emploi des courants intermittents et d'atténuer les déformations des lettres. Il suffira, d'une part, de compenser la trop grande perte de charge positive pendant le trait, en envoyant de nouveau sur la ligne, un peu avant la fin du signal, le courant positif de la pile, affaibli convenablement par des résistances intercalées entre la ligne et la pile, de manière que le courant négatif qui détermine la cessation du trait trouve la ligne dans les mêmes conditions électriques que le courant négatif qui détermine la fin du point.

D'autre part, un courant de compensation négatif précédera également le courant positif qui termine l'intervalle des lettres, de façon que ce courant positif qui commence la nouvelle lettre trouve la ligne dans les mêmes conditions que le courant positif commençant le signal qui suit un petit intervalle.

Ainsi, les traits et les longs intervalles laissent la ligne dans les conditions électriques résultant des points et des petits intervalles; donc, la transmission est ainsi ramenée non-seulement à celle d'*une série de points*, mais d'*une série de points à intervalles égaux.*

La *fig.* 11, dans laquelle les signes ponctués indiquent

Fig. 11.



les courants compensateurs, montre leur effet dans la lettre R ; un instant avant la formation du premier point, la ligne est chargée négativement par le courant compensateur, au lieu d'être à l'état neutre, comme dans le cas précédent. On remédie ainsi à l'excès de charge positive, et le point ne se prolonge pas trop ; puis un courant positif de compensation, émis avant l'achèvement du trait, empêche le prolongement de l'intervalle qui sépare le trait du point suivant, et le raccourcissement du dernier point.

Dans chaque espace de temps séparant soit le commencement du trait de celui du premier point, soit la fin du trait de la fin du dernier point, les courants positifs et négatifs émis sont en nombre égal.

Des expériences intéressantes ont été faites en Angleterre sur la vitesse de transmission que l'on peut atteindre avec l'emploi des courants intermittents dans l'appareil Wheatstone. Tout en montrant que la vitesse obtenue était supérieure à celle que permet l'emploi des courants permanents, elles accusèrent nettement les déformations dues à l'inégalité des pertes de charge de la ligne pendant les intervalles des émissions. Voici, d'après M. Culley, les résultats de ces essais sur des circuits composés en partie de fils aériens et en partie de fils souterrains ou sous-marins ; les courants émis étaient de courte durée, et la ligne était isolée, au point de départ, dans les intervalles des émissions.

On trouve alors que la vitesse de transmission n'est pas toujours la même dans les deux sens, et qu'elle dé-

pend essentiellement de la position de la ligne souterraine ou sous-marine ; quand celle-ci est placée symétriquement par rapport aux deux lignes aériennes qui établissent la communication avec les stations, et que ces deux dernières ont la même résistance, il est clair qu'elles reçoivent également bien l'une de l'autre; mais si l'une des lignes est très-longue et l'autre très-courte, la station située à l'extrémité de la ligne aérienne la plus longue pourra recevoir avec une vitesse bien plus grande que celle située à l'extrémité de la ligne la plus courte. Ainsi, le circuit de Londres à Amsterdam se compose : d'une ligne aérienne de 210 kilomètres, d'un câble de 195 kilomètres et d'une ligne aérienne de 32 kilomètres en Hollande.

La vitesse d'Amsterdam à Londres était à celle de Londres à Amsterdam dans le rapport de 9 à 6. Elle augmentait dans le sens de Londres à Amsterdam quand on remplaçait le fil aérien hollandais par un fil plus résistant, ou qu'on introduisait dans le circuit, à Amsterdam, une grande résistance artificielle (5.000 Ohm) pour retarder la décharge du câble par cette extrémité ; mais en transmettant d'Amsterdam à Londres, le fil le moins résistant donne les meilleurs résultats.

Ainsi, la ligne qui sépare la pile du câble doit avoir une résistance aussi faible que possible, la pile elle-même devant être aussi très-peu résistante ; tandis que celle qui sépare le câble du récepteur doit avoir une grande résistance.

Les fils aériens ayant une capacité électrique très-petite par rapport à celle du câble, c'est la charge du câble qui constitue la presque totalité de la charge de la ligne ; si le câble est situé près de la pile et éloigné du récepteur, il sera à un potentiel élevé, et par suite il

prendra une charge considérable ; c'est l'écoulement de cette charge par le récepteur ou les pertes pendant le trait ou les intervalles longs qui constitue surtout les déformations des lettres ; l'insertion d'une grande résistance entre la ligne et le récepteur empêchera une décharge trop rapide du câble à travers le récepteur dans l'intervalle des courants, tendra donc à maintenir la ligne dans les mêmes conditions électriques pendant la formation des points, traits et intervalles, et diminuera par suite la cause de déformation tenant à l'irrégularité des intervalles entre les émissions des courants.

Il n'en sera plus de même si le câble se trouve, au contraire, très-rapproché de l'extrémité qui reçoit, et séparé de la pile par une ligne aérienne d'une certaine longueur; la charge du câble se trouve alors bien moins considérable, car le courant ne lui arrive plus qu'affaibli par les pertes de la ligne, et, d'autre part, le potentiel de ses divers points est bien diminué par son éloignement de la pile. Le potentiel, à l'origine de la ligne, est donc loin d'avoir la constance qu'il avait dans le cas précédent. Ainsi le circuit de Londres à Dublin se compose d'une ligne aérienne de 428 kilomètres, d'un câble de 106 kilomètres et d'une ligne aérienne de 16 kilomètres. La vitesse de Londres à Dublin (40 mots par minute) n'était que la moitié de celle de Dublin à Londres (80) ; et l'addition, dans le premier sens, d'une résistance à Dublin, n'avait plus alors d'effet appréciable.

Même sur les lignes aériennes, il est cependant fréquemment utile d'introduire une grande résistance à l'extrémité qui reçoit, pour diminuer la tendance des courants étrangers à s'écouler par le fil, en cas de dérivations provenant d'autres fils.

Dans la pratique, on reconnaît qu'il est indifférent de

placer la résistance auxiliaire entre la ligne et l'appareil, ou entre l'appareil et la terre, quoique, dans le second cas, la variation du potentiel entraîne une plus grande variation de charge.

On a remarqué, sur les lignes anglaises, que la vitesse décroît, vers midi, sur les fils qui se dirigent Est-Ouest. La cause de ce phénomène est inconnue; elle doit tenir à la variation diurne des courants terrestres et à l'accroissement de résistance du conducteur par suite de l'élévation de température.

Enfin, d'après M. Culley, on obtient encore un accroissement de vitesse en interposant entre la ligne et le récepteur un condensateur, dont les plaques sont réunies par une dérivation de très-grande résistance. Au contraire, un condensateur placé au départ ralentit la vitesse, car il tend à faire confondre les signaux. Ce résultat paraît, au moins au premier abord, en contradiction avec ce qui a été constaté sur les circuits comprenant des lignes souterraines ou sous-marines, touchant les variations de la vitesse avec la position de la partie sous-marine ou souterraine.

En mesurant la vitesse de transmission par le nombre de signaux nettement reproduits, on trouve avec ce système qu'elle varie en raison inverse de la simple distance, et non du carré de la distance.

3° *Courants compensateurs.* — En résumé, les déformations de signaux résultant de l'emploi de courants intermittents se produisent en sens contraire de celles résultant de l'emploi des courants permanents.

Les modes de compensation employés dans l'un ou l'autre cas devront donc produire des effets inverses. Si l'on se sert de courants permanents, on affaiblira le courant des traits et des intervalles dès qu'il aura pro-

duit son effet initial, de manière à ne pas trop charger la ligne; il suffira pour cela d'introduire dans le circuit des résistances convenablement réglées. Si l'on se sert de courants intermittents, on enverra un peu avant la fin du trait ou de l'intervalle long un petit courant compensateur de même nom que celui qui a commencé à former le trait ou l'intervalle long.

En définitive, le second mode est identique au premier si, au lieu d'interrompre complétement le courant initial d'impression ou d'intervalle, puis de le rétablir au bout d'un instant en l'affaiblissant par l'intercalation de résistances, on se borne à le faire suivre immédiatement d'un courant de même signe affaibli de la même manière.

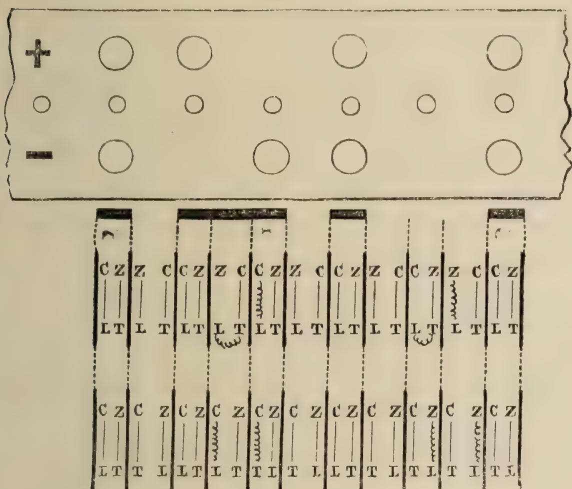
Le transmetteur automatique de Wheatstone est disposé de manière à travailler à volonté avec double courant, soit permanent, soit intermittent, soit avec compensation.

Les principes exposés permettent de régler facilement la résistance qu'il faut introduire dans le circuit au moment de la compensation pour obtenir l'effet voulu; cette résistance devra être d'autant plus grande que la ligne est mieux isolée. Si, en transmettant rapidement la lettre R, le point qui précède le trait est trop rapproché de celui-ci, tandis que le point qui suit le trait est trop éloigné (· —   ·), c'est que la résistance de compensation est trop forte, ou le courant compensateur insuffisant; car les déformations ont le caractère de celles résultant de l'emploi des courants intermittents. Si, au contraire, le point qui précède le trait est trop écarté de celui-ci et le point qui le suit trop rapproché (·   —·), c'est que la résistance de compensation est trop faible, ou le courant compensateur trop fort; car les déforma-

tions ont le caractère de celles résultant de l'emploi des courants permanents.

La *fig.* 12 montre une bande perforée de l'appareil Wheatstone, représentant les lettres RE.

Fig. 12.



Les trous de la rangée supérieure de la bande correspondent à l'émission positive qui commence les signaux; ceux de la rangée inférieure à l'émission négative qui les termine. La rangée intermédiaire forme une crémaillère qui entraîne la bande en passant sur une roue dentée.

Au-dessous se trouve la distribution des courants compensateurs telle qu'elle existait dans les appareils primitifs, c'est-à-dire avec la pile isolée de la ligne, avant d'être réunie à celle-ci par l'intermédiaire de résistances; on voit que la ligne se décharge à la terre à travers les résistances pendant qu'elle était isolée de la pile. Puis la distribution, telle qu'elle existe dans les appareils les plus récents, c'est-à-dire avec la pile reliée à la ligne d'une

façon permanente, et simple affaiblissement du courant pendant les traits et les intervalles de lettres.

Appareils électro-chimiques à transmission automatique. — M. Culley (*Handbook of practical telegraphy*) donne les renseignements suivants sur l'appareil de M. Édison, usité en Amérique :

« Le procédé chimique de Bain permet d'atteindre une vitesse plus grande que celle obtenue à l'aide des appareils électro-magnétiques ; mais comme le courant commence à produire une marque sur le papier chimique bien avant d'avoir atteint l'intensité nécessaire pour donner un signal lisible, les signaux des lettres, au lieu de commencer et finir nettement, se terminent par une traînée fine qui, même dans le cas d'une vitesse modérée, s'étend d'un signal au suivant. Cette traînée ou *queue* de courant est due à la charge résiduelle du fil, et s'épaissit à mesure que la vitesse augmente, au point de rendre les signaux illisibles. Si l'on pouvait envoyer un courant de sens contraire ayant précisément l'intensité voulue pour neutraliser le prolongement du courant direct qui est la cause de cette queue, prolongement qui varie d'ailleurs avec l'ordre de succession des points et des traits, la vitesse serait augmentée dans une grande proportion, et l'on pourrait faire usage d'un papier beaucoup plus sensible, et susceptible d'être impressionné par un courant plus faible.

« Ce résultat a été atteint en partie à l'aide de piles fournissant un courant inverse. Dans ce système, le courant est renversé entre chaque signal à la station de départ; et, à la station d'arrivée, on dispose en dérivation un rhéostat et une petite pile reliée de façon à agir en sens contraire du courant qui produit le signal. Le nombre d'éléments de cette petite pile et la résistance du rhéostat

sont réglés de façon qu'elle soit traversée par le courant imprimeur du poste de départ, mais qu'au moment où ce dernier courant commence à décroître, le courant de la petite pile, qui agit en sens contraire, soit suffisant pour neutraliser la charge qui reste dans le fil, dans l'intervalle des signaux.

« M. Édison semble avoir obtenu un succès complet en employant l'extra-courant engendré par des électro-aimants placés en dérivation ; il se sert du papier perforé de Bain : une pile très-puissante est placée à la station de départ seulement ; des électro-aimants sont placés en dérivation sur cette pile, de telle sorte que leur extra-courant direct agit comme un courant inverse et décharge le fil à l'extrémité qui transmet. Le papier, au poste qui reçoit, est préparé avec de l'iodure de potassium et de l'amidon ; il est extrêmement sensible. Des électro-aimants sont également placés en dérivation sur le papier : leur extra-courant traverse le papier dans les intervalles des signaux, en sens contraire du courant de ligne, et empêche la formation de la *queue* du signal.

« La dérivation se compose de plusieurs électro-aimants séparés, ou de résistances enroulées sur des noyaux de fer doux, et disposés de manière à pouvoir, avec un contact mobile, en mettre en circuit le nombre nécessaire pour que l'extra-courant ait l'intensité voulue. Avec ce système bien ordonné et dans de bonnes conditions, on aurait obtenu expérimentalement une vitesse de 4 à 500 mots par minute sur un fil aérien d'environ 320 kilomètres (120 milles). »

J. R.

EXAMEN COMPARATIF

DES

PILES USITÉES DANS LA TÉLÉGRAPHIE.

RAPPORT DE M. GAUGAIN SUR LES MODÈLES DIVERS DES PILES DANIELL, CALLAUD, MARIÉ-DAVY ET LÉCLANCHÉ.

(Suite) (*).

Recherches relatives à la force électromotrice (série C).

Je n'ai fait qu'une série d'expériences sur la force électromotrice des piles qui restent dans l'état d'inactivité. J'ai opére sur 13 couples, savoir :

2	couples	Léclanché. . .	Grand modèle.
2		id.	Petit modèle.
2	id.	Marié-Davy. .	Grand modèle.
1		id.	Petit modèle.
2	id.	Daniell. . . .	Modèle unique de l'administration.
2	id.	Callaud . . .	Grand modèle.
et 2		id.	Petit modèle.

Les piles sont restées en expérience depuis le 4 juin jusqu'au 3 novembre et j'ai mesuré la force électromotrice de chaque couple une fois au moins par semaine. On

(*) Voir *Annales*, tome II, page 532.

peut résumer de la manière suivante les résultats généraux que j'ai obtenus :

Les couples de Léclanché grand et petit modèle se sont un peu affaiblis : leur force électromotrice moyenne, qui était au début 285,4, se trouvait réduit à 269,8 lorsque j'ai interrompu les observations.

La force électromotrice des couples de Marié-Davy grand et petit modèle n'a pas sensiblement varié : sa valeur moyenne était 262,9 le 4 juin et 261,7 le 3 novembre.

Les couples de Daniell ne sont pas restés montés plus de quatre ou cinq semaines avant d'être hors de service; au bout de ce temps leur force électromotrice est devenue extrêmement variable et généralement très-faible.

Les couples de Callaud petit modèle se sont comportés comme les couples de Daniell, seulement ce n'est qu'au bout de deux mois environ qu'ils se sont trouvés hors de service.

Enfin la force électromotrice des couples de Callaud grand modèle s'est un peu affaiblie; sa valeur moyenne était 194,2 le 4 juin et 171,8 le 3 novembre.

Séries A *et* B. — J'ai exécuté cinq séries d'observations sur la force électromotrice des piles maintenues en activité; mais je crois devoir me borner à mentionner ici les deux séries A et B qui sont les plus complètes. Dans chacune de ces séries j'ai opéré sur sept espèces de couples, les mêmes que j'ai employés dans la série C dont je viens de parler, et j'ai mis en expérience deux couples de chaque espèce. Les observations ont été poursuivies depuis le 28 mai jusqu'au 3 novembre. Les résistances interposées dans les deux circuits ont été réglées de telle sorte que l'intensité du courant restât toujours égale à l'unité d'intensité dont j'ai parlé plus haut. Les deux

séries d'expériences ont été exécutées exactement dans les mêmes conditions, avec cette seule différence que les couples de la série A ont été traversées jour et nuit par un courant continu tandis que le courant de la série a été interrompu au moyen de l'appareil Foucault.

Les valeurs successives des forces électromotrices montrent que les piles à sulfate de cuivre (Daniell et Callaud) se comportent à peu près de la même manière dans l'état d'activité et dans l'état de repos, c'est-à-dire qu'il faut toujours à peu près le même temps pour les mettre hors de service, soit qu'on tienne leur circuit fermé, soit qu'on le laisse ouvert. Ce résultat n'a rien de surprenant, car la destruction des piles à sulfate de cuivre dépendant des dépôts de cuivre qui se forment sur l'électrode zinc, on conçoit que ces dépôts, qui résultent du mélange des liquides, doivent se former à peu près avec la même rapidité quand la pile est en activité et quand elle est en repos. Les piles à sulfate de cuivre ne se polarisent que très-faiblement, même lorsqu'elles sont traversées par des courants énergiques ; elles n'éprouvent pas de polarisation appréciable sous l'influence des faibles courants que l'on a coutume d'employer en télégraphie.

Les couples de Marié-Davy du grand et du petit modèle ont donné des résultats notablement différents ; la force électromotrice des couples du grand modèle est restée sensiblement constante pendant toute la durée de mes expériences ; la valeur moyenne de cette force, qui était pour la série A 252,7 le 1er juin, était encore 247 le 27 octobre. Au contraire, la force électromotrice des couples du petit modèle est devenue nulle ou même négative dans l'une et l'autre série après un intervalle de temps qui a varié de deux à sept semaines.

Les piles à sulfate de mercure se polarisent très-forte-

ment lorsqu'elles sont traversées par des courants suffisamment intenses, et je me propose d'exposer dans un mémoire spécial les lois de cette polarisation ; mais sous l'influence des faibles courants que l'on a coutume d'employer dans le service télégraphique, ces piles ne se polarisent pas notablement. Comme je l'ai dit tout à l'heure, les couples de Marié-Davy du petit modèle sur lesquels j'ai opéré ont été mis hors de service dans un temps assez court, mais il faut remarquer qu'ils se sont toujours éteints presque subitement et que leur force électromotrice a conservé sa valeur initiale tout entière presque jusqu'au moment où cette force s'est anéantie tout à fait.

Les couples de Léclanché du grand et du petit modèle se sont conduits à peu près de la même manière, contrairement à ce qu'il était naturel de prévoir. Leur force électromotrice a éprouvé d'abord une diminution subite et très-notable dans un intervalle de temps que je ne saurais préciser, mais qui n'a pas dépassé trois jours et qui peut-être a été beaucoup moindre. La valeur moyenne de cette force, qui était pour la série A 288,7 le 28 mai, se trouvait réduite à 213,7 le 1er juin ; à partir de cette date la force élecmotrotrice a continué à décroître, mais graduellement et lentement.

Elle était le	6 août	199.
—	2 septembre	180,6.
—	3 septembre	152,9.

Comme on le voit, la force électromotrice de la pile à peroxyde de manganèse s'affaiblit très-notablement sous l'influence du courant même lorsque l'intensité de ce courant ne dépasse pas la valeur que j'ai prise pour unité ; néanmoins la pile conserve pendant un temps assez long

une force suffisante pour qu'on puisse l'utiliser dans certaines conditions.

Recherches relatives à la résistance.

Piles de Callaud. — Les deux modèles de pile Callaud dont se sert l'administration des lignes télégraphiques présentent à peu près la même résistance bien que leurs dimensions soient fort différentes. Le fait s'explique aisément par cette considération que si la colonne liquide du plus grand modèle offre une plus grande section, elle présente aussi une plus grande longueur.

La résistance d'un couple de Callaud récemment monté est assez considérable; mais elle diminue graduellement lorsque le couple est mis en activité. Je citerai quelques nombres qui mettent bien en évidence cette variation de la résistance. J'ai trouvé que la résistance d'un couple du petit modèle était 37,6 s. (unités de Siemens) au moment même où le couple venait d'être monté; le circuit ayant été fermé, la résistance a été :

Après	2	jours de marche	10,6.
Après	3	—	8,7.
Après	5	—	7.
Après	23	—	5,5.

Les résistances interposées dans le circuit avaient été choisies de telle manière que l'intensité du courant fût environ 6.

De l'ensemble de mes déterminations il résulte que la résistance minima est en général peu différente de 6 s.

La diminution de résistance dont je viens de parler tient principalement à ce que l'eau de source ou de rivière

dans laquelle se trouve primitivement plongée l'électrode-zinc se charge graduellement de sulfate de zinc sous l'influence du courant et acquiert ainsi une conductibilité de plus en plus grande. Les dépôts de cuivre qui se forment sur l'électrode positive peuvent aussi contribuer en une certaine mesure à diminuer la résistance en augmentant la surface de cet électrode.

Pile de Daniell. — La résistance de la pile de Daniell éprouve les mêmes variations que celle de la pile de Callaud ; cette résistance est en général très-considérable au moment où la pile vient d'être montée. J'ai constaté qu'elle dépasse quelquefois 60 s. ; mais elle diminue graduellement sous l'influence du courant, et, d'après mes expériences, sa valeur minima serait comprise d'ordinaire entre 7 et 10 s.

Dans le cas de la pile de Daniell comme dans le cas de la pile de Callaud, la diminution graduelle de la résistance est due en très-grande partie à ce que le liquide qui baigne la surface du zinc se charge graduellement de sulfate de zinc et devient de plus en plus conducteur. Mais une autre cause contribue pour une part importante à la diminution de la résistance dans le cas de la pile de Daniell : c'est l'imbibition graduelle du cylindre en terre cuite qui sépare les deux liquides de la pile. Si ce cylindre est sec au moment où on le met en place, il peut pour un certain temps augmenter de beaucoup par son interposition la résistance du couple, tandis qu'il ne l'augmente jamais d'une quantité très-notable lorsqu'il s'est complétement imprégné de liquide.

J'ai fait quelques expériences dans le but de rechercher s'il existe un rapport entre la résistance qu'un vase poreux oppose au passage du courant et celle qu'il oppose au transport mécanique des liquides, et bien que

ces expériences soient fort incomplètes, elles m'ont conduit à un résultat qui me paraît offrir quelque intérêt.

J'ai opéré sur deux cylindres qui étaient marqués, l'un du mot Choisy, l'autre des lettres B*b*. J'ai constaté d'abord la perméabilité de ces deux vases, par le procédé que mettent habituellement en usage les employés du contrôle, j'ai rempli d'eau les deux vases, puis j'ai recueilli et pesé la quantité de liquide qu'ils ont laissé passer dans le même intervalle de temps. Le vase marqué Choisy a laissé passer en 24 heures 62gr,6 d'eau, tandis que le vase marqué B*b* a donné 1gr,1 seulement Les préméabilités des deux vases étaient, comme on le voit, extrêmement eifférentes.

Pour mesurer leurs résistances électriques, j'ai procédé de la manière suivante : Dans un vase cylindrique de verre contenant une dissolution concentrée de sulfate de cuivre, j'ai plongé deux lames de cuivre qui étaient fixées à une planchette de manière que leurs positions relatives fussent invariables ; j'ai fait passer un courant de l'une à l'autre de ces lames et j'ai déterminé d'abord la résistance de l'électrolyte au moyen d'un pont de Wheatstone; cela fait, j'ai interposé le cylindre poreux marqué B*b* entre les deux électrodes et j'ai de nouveau mesuré la résistance de l'électrolyte lorsque l'imbibition du vase poreux a été complète. J'ai trouvé que l'accroissement de résistance dû à l'interposition de ce vase était égal à 2 s. En opérant exactement de la même manière, j'ai trouvé que l'interposition du vase poreux marqué Choisy augmentait de 1 s. seulement la résistance de l'électrolyte.

Il résulte de ces expériences que deux diaphragmes poreux qui opposent au passage des liquides des résistances extrêmement différentes peuvent cependant ne pas

différer beaucoup sous le rapport de la résistance électrique. Ce résultat n'a rien qui doive surprendre, et la théorie paraît même indiquer que le plus perméable des deux diaphragmes pourrait être dans certains cas celui qui oppose le plus de résistance au passage du courant. En effet, d'après les formules que MM. Wiedmann, Hagen et Poiseuille ont obtenues chacun de leur côté, la quantité de liquide qui traverse dans l'unité de temps un tube capillaire à section circulaire est proportionnelle, toutes choses égales d'ailleurs, à la quatrième puissance du rayon de ce tube. D'un autre côté, l'intensité du courant qui traverse le liquide contenu dans le tube est, conformément à la loi d'Ohm, proportionnelle au carré de ce même rayon. Il résulte de là que si l'on compare un tube de rayon 2 et un faisceau formé de la réunion de 8 tubes de rayon 1, le tube de rayon 2 laissera passer deux fois plus de liquide que le faisceau des 8 tubes plus petits, tandis que ce faisceau sera traversé par un courant deux fois plus intense que le tube de rayon 2.

De ce qui précède il paraît résulter que, pour la construction des piles de Daniell, on doit préférer les vases poreux les moins perméables. Car on a vu que lorsqu'ils sont complétement imbibés ils n'augmentent pas beaucoup plus la résistance de la pile que ne le feraient des vases jouissant d'une plus grande perméabilité et, bien que je n'aie pas constaté le fait, il paraît très-probable que les premiers s'opposent plus efficacement que les seconds au mélange des liquides de la pile.

Pile Léclanché. — M. Léclanché admet que la résistance de son petit modèle est double de celle du grand; mais il paraît regarder ce fait comme une conséquence de la théorie, et je ne crois pas qu'il l'ait vérifié. En réalité, il serait très-difficile et je crois même impossible

de déterminer exactement par le calcul la résistance des couples de M. Léclanché; mais on aperçoit bien que cette résistance doit être pour des couples de formes semblables à peu près indépendante de leurs dimensions, et c'est ce qui arrive en effet; j'ai trouvé que le grand et le petit modèle ont en moyenne la même résistance.

Lorsqu'un couple de Léclanché vient d'être monté, sa résistance est d'abord assez grande; mais elle diminue rapidement et arrive bientôt à sa valeur minima qui diffère peu de 4 s. La résistance assez considérable des premiers instants tient uniquement à la présence du vase poreux dans lequel est enfermé le peroxyde de manganèse, et comme la pile de Léclanché est une pile à un seul liquide, que l'on peut en conséquence employer pour sa construction les vases les plus perméables, l'imbibition de ces vases est complète en un petit nombre d'heures.

Pile Marié-Davy. — Comme la résistance des couples de même modèle peut varier singulièrement d'un couple à un autre et que cette résistance dépend de conditions difficiles à préciser, je ne saurais dire si le grand et le petit modèle offriraient, toutes choses égales d'ailleurs, des résistances absolument égales; mais ce qui est certain, c'est que les deux modèles m'ont donné à peu près les mêmes résultats.

La résistance d'un couple de Marié-Davy nouvellement monté va d'abord en diminuant pendant un certain temps, et cette diminution est due, comme dans le cas du couple Léclanché, à l'imbibition graduelle du vase poreux. Lorsque cette imbibition est complète, la résistance du couple est en général voisine de 6 s., quand on emploie, comme on a coutume de le faire, des vases très-poreux et que le sulfate d'oxydule de mercure contient la petite propor-

tion d'acide libre fixée par le cahier des charges de l'administration.

La résistance des couples de Marié-Davy n'augmente pas, comme on le croit généralement, lorsque leur circuit est fermé; si quelques savants sont arrivés à constater une très-notable augmentation, c'est qu'ils ont opéré dans des circonstances où la pile mise en expérience subissait une polarisation considérable et qu'ils se sont servis, pour mesurer la résistance, d'une méthode qui n'est exacte que dans le cas d'une pile constante. Il résulte de mes expériences que la résistance de la pile de Marié-Davy, loin d'augmenter sous l'influence du courant, subit une légère diminution lorsque le courant est continu et énergique; j'attribue cette petite diminution à l'echauffement du liquide enfermé dans une masse poreuse qui enveloppe l'électrode-charbon.

La petite variation de résistance dont je viens de parler se produit dans l'intervalle de quelques minutes; il en est une autre que l'on observe lorsque la pile a été maintenue très-longtemps en activité et que la provision de sulfate d'oxydule de mercure est presque complétement épuisée; alors la résistance de la pile se trouve souvent réduite à 2 ou 3 s. Cette diminution de résistance tient à ce que le liquide acide qui remplit le vase poreux d'un couple épuisé est plus conducteur que la pâte de sulfate d'oxydule dont ce vase est plein, lorsque le couple vient d'être monté.

Enfin, la résistance de la pile de Marié-Davy peut encore éprouver une troisième espèce de variation qui a plus d'importance que les deux autres; celle-ci se produit lorsque la pile reste longtemps inactive ou qu'elle n'est traversée que par des courants d'une faible intensité. Alors la résistance éprouve quelquefois un accrois-

sement considérable. J'ai constaté que l'un des couples de la série B dont il a été question plus haut avait acquis au bout de cinq mois une résistance égale à 65 s. Comme je n'ai observé cet accroissement de résistance qu'au moment où j'allais terminer mes expériences, je n'ai pas eu le temps d'en rechercher les causes; seulement il me paraît certain que ces causes sont accidentelles. Car ayant mesuré les résistances de tous les couples d'une pile de vingt-cinq éléments depuis longtemps inactive j'ai trouvé que deux de ces éléments seulement avaient des résistances considérables 23 et 54 s. Les résistances des 23 autres couples étaient comprises entre 4 et 11 s.

Conclusions.

Les piles à sulfate de cuivre employées dans la télégraphie ne sont jamais mises hors de service par le travail utile qu'elles exécutent; les anneaux de zinc qui forment leurs électrodes négatives ont un poids tel qu'ils pourraient faire face à la transmission de 4 à 500,000 dépêches, et la provision de sulfate de cuivre peut être regardée comme illimitée puisqu'on la renouvelle à mesure qu'elle s'épuise. La destruction des piles résulte exclusivement des dépôts de cuivre qui se forment sur l'électrode-zinc, et ces dépôts, qui sont la conséquence du mélange des deux liquides de la pile, se produisent aussi bien quand le circuit est ouvert que quand il est fermé. La durée des piles à sulfate de cuivre est donc indépendante du travail utile qu'elles fournissent.

D'après les expériences citées plus haut, la pile de Daniell qu'emploie actuellement l'administration des lignes télégraphiques et la pile de Callaud petit modèle se trouvent toujours mises hors de service après un

intervalle de temps qui est pour la première de quatre à cinq semaines, pour la seconde de deux mois environ. Ces piles ont donc besoin d'être très-fréquemment remontées à neuf, et je crois qu'elles doivent être abandonnées.

Quant à la pile de Callaud grand modèle, sa force électromotrice n'a pas diminué de plus d'un dixième dans un intervalle de cinq mois, et il est probable qu'il faudrait un temps beaucoup plus long pour mettre cette pile hors de service. Je crois en conséquence qu'elle peut être très-convenablement employée en télégraphie; elle exige quelques soins puisqu'il faut renouveler le sulfate de cuivre à mesure qu'il s'épuise, mais elle offre l'avantage de pouvoir fournir des courants d'intensité quelconque sans se polariser sensiblement.

Les piles à sulfate de mercure ne paraissent pas s'altérer d'une manière notable lorsqu'elles sont inactives : nous avons vu que la force électromotrice des couples de la série B est restée absolument invariable pendant cinq mois. A la vérité j'ai constaté que certains couples ont acquis à la longue une résistance considérable; mais comme cet accroissement de résistance n'est pas un fait général, il doit dépendre de causes accidentelles que sans doute il faut éviter. La destruction des piles de Marié-Davy n'est en général que la conséquence du travail exécuté; ces piles ne sont mises hors de service que quand leur approvisionnement de sulfate de mercure se trouve presque entièrement consommé. On pourrait renouveler ce sel comme on renouvelle le sulfate de cuivre dans la pile de Daniell, mais pour cela il faudrait changer quelque chose aux dispositions employées. Aujourd'hui l'on remplit le vase poreux de sulfate d'oxydule au moment où l'on monte la pile. Quand cet approvisionnement

de sulfate est épuisé, on remonte la pile à neuf. La durée de la pile dépend donc et de la quantité de sulfate que contient le vase poreux et du travail que la pile exécute.

Maintenant les couples du grand modèle de la série A sont restés constamment en activité pendant cinq mois sans que leur force électromotrice s'abaissât : or, si l'on admet que pour la transmission d'une dépêche le circuit reste fermé pendant trois minutes (je crois cette évaluation exagérée), il en résulte que la quantité d'électricité mise en circulation pendant cinq mois dans un circuit constamment fermé suffirait pour transmettre au moins 75.000 dépêches. Comme il n'y a pas, je crois, de bureaux qui expédient en un an ce nombre de dépêches avec la même pile, il en rèsulte que la pile de Marié-Davy du grand modèle peut être employée même dans les bureaux les plus importants sans qu'il soit besoin de la renouveler plus d'une fois par an.

Quant aux couples du petit modèle, nous avons vu que ceux qui ont été mis en expérience dans la série A ont conservé leur force électromotrice initiale pendant des intervalles de temps qui ont varié de deux a sept semaines. Je regarde comme certain que des couples de ce modèle peuvent fournir pendant un mois au moins le courant d'intensité 1. Si quelques couples ont été mis plus rapidement hors de service, je crois qu'il faut l'attribuer à des causes accidentelles qui peuvent être évitées. Maintenant il résulte du calcul que j'ai fait tout à l'heure que la quantité d'électricité mise en circulation pendant un mois dans un circuit constamment fermé suffirait pour transmettre 15.000 dépêches. Les couples du petit modèle pourraiennt donc être employées dans les bureaux qui n'expédient pas plus de 15.000 dépêches par an, sans qu'il fût besoin de les renouveler plus d'une

fois chaque année. Mais ces couples ont l'inconvénient de se polariser fortement lorsqu'ils sont traversés par des courants plus énergiques que celui dont j'ai pris l'intensité pour unité, et peut-être serait-il préférable d'employer partout le grand modèle qui se polarise beaucoup moins fortement dans les mêmes conditions. (Je me réserve de donner dans une autre partie de ce rapport des détails plus étendus sur les phenomènes de polarisation.)

Je considère comme certain que la pile de Léclanché ne s'altère pas notablement quand elle est inactive, et par conséquent la durée de cette pile dépend exclusivement du travail qu'elle fournit et de la quantité de peroxyde de manganèse qu'elle contient. D'après les expériences de la série A que j'ai citées, les couples de Léclanché placés dans un circuit constamment fermé conservent pendant deux mois environ uue force électromotrice supérieure à celle du couple de Daniell, lorsque l'intensité du courant ne dépasse pas l'unité d'intensité. Il résulte de là qu'une pile de Léclanché pourrait expédier 30.000 dépêches au moins avant d'être mise hors de service, et par conséquent qu'elle pourrait être employée dans la plupart des stations sans qu'il fût besoin de la renouveler plus d'une fois par an.

Le couple de Léclanché a l'avantage de rester toujours assez propre et de ne point contenir de substance vénéneuse ; sa résistance est très-petite, et il sera d'un prix peu élevé quand il sera tombé dans le domaine public. Il a l'inconvénient de se polariser très-fortement lorsqu'il est parcouru par des courants qui ont une intensité un peu supérieure à l'unité ; mais je ne sais pas si cet inconvénient est bien grave dans la pratique, et je crois d'ailleurs qu'on pourrait l'atténuer considérablement en

augmentant les dimensions du couple. (Je reviendrai sur ce point dans une autre partie de ce rapport.)

L'ammoniaque qui se dégage lorsque la pile de Léclanché est en activité, deviendrait incommode et même dangereuse pour les personnes placées dans le voisinage de la pile, si l'on employait un grand nombre de couples et si ces couples fonctionnaient fréquemmeut ; mais si l'on adoptait la pile de Léclanché pour les petits postes seulement, je crois qu'il n'y aurait pas à se préoccuper beaucoup du dégagement de l'ammoniaque ; on pourrait d'ailleurs prendre quelques dispositions pour mettre les employés à l'abri des émanations de la pile.

POSE DES FILS SUR APPUIS VIVANTS

DANS LA TRAVERSÉE DES FORÊTS.

Parmi les renseigcements qui nous sont parvenus sur le service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie et qui ont été insérés dans la Chronique de novembre-décembre 1875 (p. 583), se trouvent mentionnés les essais de suspension du fil télégraphique sur appuis vivants dans la traversée des forêts. M. Lemire, chef du service de la colonie, a mis à profit l'expérience qu'il avait acquise pendant son séjour en Cochinchine, dans ce genre de construction, déjà appliqué en 1865 sur un certain nombre de lignes par M. Huet, qui dirigeait alors le service télégraphique de la Cochinchine. Les détails suivants sont extraits d'un rapport adressé à cette époque par ce fonctionnaire.

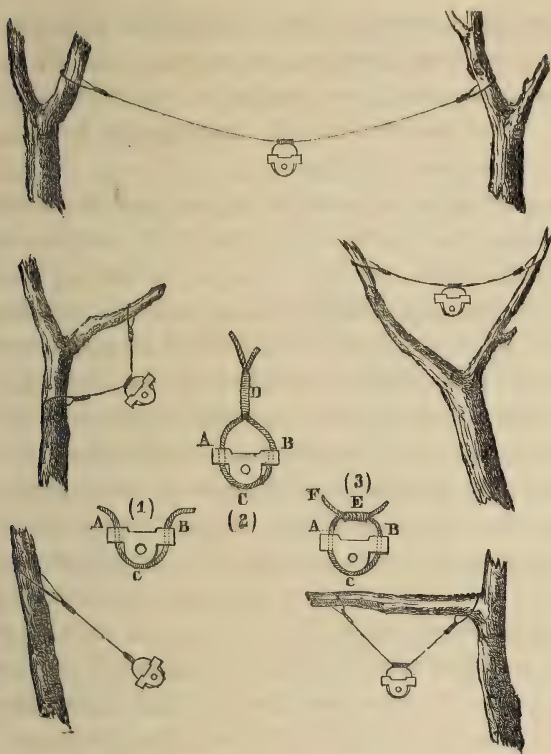
Les isolateurs-cloches et même les isolateurs-arrêts, placés sur les arbres au moyen de vis, offrent de graves inconvénients ; le fil est trop rapproché de l'arbre qui doit être fréquemment élagué : les vis, lorsqu'elles rencontrent des essences de bois dur, le font souvent dépérir : elles ne tiennent pas lorsqu'elles pénètrent seulement dans l'aubier ou lorsqu'elles sont fixées dans des bois tendres; l'oscillation de l'arbre produit une usure rapide du fil reposant sur le crochet ; enfin il est difficile, dans certaines parties des forêts, de trouver des arbres assez bien faits et assez droits pour poser l'isolateur sans l'incliner. On a renoncé à ce mode de suspension.

Au moyen d'isolateurs-anneaux suspendus aux branches et aux troncs d'arbres par des câbles de 2 et 3 fils de fer,

j'ai pu éloigner de l'arbre, autant qu'il est nécessaire, le fil de ligne, éviter des élagages fréquents, éviter de nuire à la croissance des arbres, employer tous les arbres qui se trouvent sur le parcours de la ligne, enfin éviter l'usure du fil en supprimant son contact sur le crochet ; ce dernier résultat devait être recherché avant tout, car dans nos contrées tout fil dégalvanisé se ronge avec une rapidité prodigieuse. Les câbles qui servent à la suspension des anneanx sont préparés à l'avance, ils se font au moyen de 2 ou 3 fils de 4 ou 3 millimètres faiblement tordus, de manière à ne pas enlever le galvanisme. On proportionne le nombre de fils dont se compose le câble à l'écartement que l'on veut laisser entre l'anneau et l'arbre et aux portées du fil de ligne. 2 fils suffisent généralement.

L'une des extrémités du câble est introduite dans l'oreille A de l'anneau, puis dans l'oreille B, de façon que, passant en C, il entoure l'anneau (*fig.* 1).

Suivant la disposition des arbres dont on veut se servir, on peut suspendre l'anneau soit par l'une des extrémités du câble, soit par les deux. Dans le premier cas (*fig.* 2), l'extrémité du câble qui entoure l'anneau après avoir passé en A, C, B, est rapprochée de la partie qui doit être fixée sur l'arbre et juxtaposée en D, le plus près possible de l'anneau, sur une longueur de 15 centimètres, et fortement attachée au moyen d'une ligature. Dans le second cas (*fig.* 3), après avoir pris une longueur de câble suffisante, on place l'anneau à une distance convenable des deux extrémités, on approche les deux parties du câble en E, ayant soin de faire revenir en F le côté du câble que l'on a passé d'abord par l'oreille A, par C, puis par B. On ligature en E les deux parties juxtaposées. On obtient ainsi des isolateurs d'une solidité à toute



épreuve et pouvant résister aux plus fortes tensions, sans crainte de voir les oreilles de l'anneau se briser. La pression résultant du poids du fil et du tirage se fait en C et contre les parois intérieures des oreilles A et B, mais vers le centre.

Les anneaux ainsi préparés, on procède à leur suspension après les arbres.

L'extrémité du câble doit entourer simplement le tronc ou la branche dont on se sert, de façon à ne pas arrêter la séve ; elle est repliée sur elle-même et fixée au moyen d'une torsade solidement faite. Les câbles, suivant la

position que doivent occuper les anneaux, peuvent être attachés soit à une branche, soit au tronc d'un arbre, soit à deux branches d'un même arbre, soit à deux arbres placés à une distance variable, mais qui ne doit pas dépasser 40 mètres environ.

Par ce mode de suspension, on peut donner à l'anneau dans lequel on a eu soin de passer le fil de ligne, avant de l'élever du sol, des positions qui varient à l'infini. La figure donnera une idée des divers modes de suspension que j'ai employés. Il est préférable de ne prendre qu'un seul arbre pour appui ; l'oscillation de deux arbres, quelque faible qu'elle soit, n'a jamais la même amplitude, il est à craindre que, dans les grandes tempêtes, le câble soit brisé ou, s'il résiste, qu'il imprime au fil en se roidissant une oscillation de haut en bas trop précipitée.

L'anneau doit, autant que possible, ne pas être placé en ligne droite avec les deux isolateurs qui précèdent et être suspendu par un seul câble, afin que, sollicité par le tirage du fil de ligne, il tende à s'éloigner de l'arbre. Il suffit, pour cela, de trouver ou de choisir des arbres non plantés dans le même alignement. On évite ainsi des élagages trop fréquents, surtout dans les contrées où la végétation est très-puissante. Lorsque l'anneau placé au sommet d'un angle est suspendu par un seul câble, on obtient l'écartement dont on a besoin en donnant au câble une longueur suffisante. Lorsque le câble est attaché à deux branches ou à deux arbres, on place l'anneau à la distance que l'on veut des deux branches ou des deux arbres.

Lorsqu'on veut arrêter le fil de ligne, il suffit de placer des serre-fils avant et après l'anneau. Mais cette précaution est peu utile, car, tous les arbres n'étant pas en ligne droite, le fil forme une ligne brisée et glisse diffi-

cilement dans l'anneau. Cependant il est prudent de placer des isolateurs-arrêts sur le poteau qui précède et sur celui qui suit les sections de lignes construites avec ce mode de suspension.

On peut, lorsque le fil est bon, faire des portées de 2 à 300 mètres sans crainte de dérangements. J'ai établi des sections à 1 fil de 2, 3, 4 et même 8 kilomètres sans un poteau. La longueur totale des lignes construites récemment avec des anneaux suspendus est de 100 kilomètres au moins, tant sur la ligne de Saïgon au cap Saint-Jacques que sur celle de Trambang à Tayninh.

Les travaux que nécessite l'établissement des lignes par ce procédé sont simples, mais ils exigent une certaine habitude pour le choix des appuis. Les frais de premier établissement et d'entretien sont très-minimes puisque les poteaux sont supprimés; ils se réduisent à la pose du fil et aux élagages.

La pose des anneaux étant faite, comme je viens de le décrire, je n'ai pas eu un dérangement à relever; mais ce travail doit se faire avec soin.

J'ai utilisé l'isolateur-anneau que j'avais à ma disposition; mais il y aurait avantage, au point de vue du bon isolement des lignes, à employer des supports éloignant davantage le fil conducteur du câble.

DES PHÉNOMÈNES DE RÉMANENCE

OU

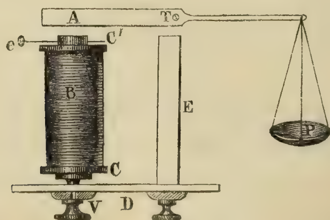
DE CONDENSATION MAGNÉTIQUE.

Dans une lettre datée du 19 novembre 1875, M. le comte du Moncel appelle l'attention sur l'accord qui existe entre ses théories sur le magnétisme et les résultats obtenus par M. Héquet dans la modification qu'il apporte aux électro-aimants (*Annales*, t. II, p. 423 et suivantes) ; il signale en particulier les effets étudiés dans sa note sur le magnétisme, présentée à l'Académie des sciences dans la séance du 1er mars.

« Voici, ajoute M. du Moncel, comment j'avais disposé mon expérience pour constater les effets que j'indique : j'ai fait construire en 1857 pour mes expériences sur le magnétisme, un électro-aimant dont je peux démonter et remonter facilement les diverses parties. Cet électro-aimant a la forme ci-dessous et se trouve monté comme je l'indique dans ma balance magnétique.

« A (*fig.* 1) est l'armature articulée en T et portant un

Fig. 1.



plateau P; B est la bobine magnétique; CC′ le noyau de fer doux enveloppé par la bobine; E le second noyau de fer que je peux recouvrir ou non d'une bobine; *e* une épingle de cuivre qui soutient le noyau CC′ sur la bobine; V une *vis en cuivre* que je visse dans le noyau CC′ pour l'unir à la culasse D.

« Quand le fer du noyau CC′ était en contact avec la culasse D, l'armature A, après un premier arrachement, exigeait jusqu'à 15 grammes pour être détachée (en employant le courant d'une pile Daniell de 12 éléments), et quand la vis V étant desserrée, j'éloignais CC′ de la culasse, il ne fallait plus qu'un gramme à peine. »

L'extrait suivant de la *Note sur le magnétisme*, du 1er mars 1875, renferme les passages auxquels se réfère M. du Moncel.

« Dès l'année 1856, j'avais signalé que la force d'un électro-aimant qui n'a pas encore servi est plus considérable, pour une force électrique donnée, que celle du même électro-aimant qui a subi préventivement une forte aimantation, et que, pour obtenir de ce même électro-aimant une force à peu près égale à celle qu'il produisait primitivement, il fallait renverser le sens du courant; encore cette plus grande puissance n'existait-elle que pour la première fermeture du courant. J'avais attribué cet effet au magnétisme rémanent, mais sans en préciser le mode d'action. Depuis j'ai étudié la question plus sérieusement et je me suis assuré qu'en réalité le magnétisme rémanent, même en le considérant indépendamment de l'action condensante, c'est-à-dire après un premier détachement de l'armature, est beaucoup moins grand qu'on ne le croit généralement; je pourrais même dire qu'il est presque nul et réduit à celui que l'on constate dans

un simple électro-aimant droit après un premier détachement de l'armature.

« Pour qu'on puisse se faire une idée bien nette du phénomène, il faut considérer que, dans un système magnétique composé d'un électro-aimant à deux bobines uni à son armature, les actions magnétiques donnant lieu à la condensation dont j'ai si souvent parlé se produisent d'une manière double ; car l'armature se trouve, par rapport aux deux noyaux recouverts par les bobines magnétisantes, exactement dans les mêmes conditions que la traverse qui réunit ces noyaux, et qu'on désigne vulgairement sous le nom de *culasse*. Par conséquent, s'il y a une condensation magnétique déterminée aux surfaces de jonction de l'armature et des pôles de l'électro-aimant, *il doit également s'en produire une aux surfaces de jonction de la culasse et des deux noyaux magnétiques*. Il est vrai que, quand on enlève l'armature, le magnétisme condensé aux extrémités polaires de l'électro-aimant, se trouvant libre, doit diminuer considérablement l'action des polarités développées dans le dernier cas ; mais cette action ne peut être complétement annulée, et *c'est à la condensation qui subsiste aux surfaces de jonction des branches de l'électro-aimant avec la culasse qu'il faut, selon moi, attribuer en grande partie l'action magnétique rémanente que l'on constate après un premier arrachement de l'armature*, et qui est si minime avec les électro-aimants droits n'ayant qu'un pôle actif. Cette condensation s'effectue toutefois dans des conditions assez particulières qu'il est intéressant d'examiner.

« Pour qu'on puisse bien se pénétrer des effets produits, plaçons dans le voisinage d'un électro-aimant, dépourvu de son armature, une aiguille aimantée suspendue sur un pivot. Naturellement, cette aiguille dirigera vers le

pôle de l'électro-aimant le plus rapproché d'elle son pôle de nom contraire. Ce sera, je suppose, le pôle nord. Plaçons maintenant l'aiguille dans le voisinage de la culasse de l'électro-aimant vers la partie qui est en contact avec la branche qui a provoqué la première déviation : le pôle de nom contraire va se trouver immédiatement attiré vers l'extrémité de l'hélice la plus rapprochée de la culasse, montrant ainsi qu'une polarité nord est déterminée en ce point ; mais si l'on vient à interrompre le courant à travers l'électro-aimant, on voit immédiatement l'aiguille tourner sur elle-même et présenter (presque avec la même énergie), à cette partie de l'électro-aimant, le pôle de nom contraire à celui qui avait été attiré au moment de la fermeture du courant. Il est vrai que l'énergie de cette dernière action n'est que momentanée ; elle semble même s'évanouir pour laisser réapparaître ensuite moins forte la polarité alors déterminée, et c'est cette action que M. d'Arlincourt a utilisée d'une manière si ingénieuse dans ses relais translateurs ; mais elle montre toujours que la condensation effectuée aux points de contact de la culasse avec les noyaux magnétiques est très-sensible et aussi accentuée dans l'origine que celle qui est produite aux pôles de l'électro-aimant. Voici comment on peut se rendre compte des effets précédents.

« Au moment de l'aimantation, les extrémités de chacun des noyaux de l'électro-aimant se polarisent dans un sens différent. Un pôle sud se développant, je suppose, à l'extrémité libre de la branche de droite, un pôle nord se produira vers la culasse, et il en sera de même, mais en sens inverse, pour l'autre branche. *Les fluides magnétiques de la culasse qui sont attirés vers les pôles des noyaux en contact avec elle se trouveront alors dissimulés aux points de jonction, et les fluides magnétiques*

repoussés manifesteront seuls leur présence extérieurement, comme si les deux moitiés de la culasse étaient des épanouissements des pôles avec lesquels elles sont en contact et dont l'action est alors prépondérante. Mais, au moment de la désaimantation de l'électro-aimant, cette dissimulation des fluides attirés n'ayant plus lieu, puisque les polarités des extrémités libres des noyaux ne sont plus maintenues, ces fluides manifestent leur présence en dehors et donnent lieu à ce renversement de polarités que nous avons constaté. Toutefois ce renversement de polarités doit être, immédiatement après sa naissance, considérablement atténué, sinon détruit; car le courant induit direct qui naît alors dans les bobines magnétisantes, et qui résulte de la désaimantation des noyaux, se trouve être de même sens que celui qui avait provoqué l'aimantation et tend à rétablir le premier effet, c'est-à-dire à inverser de nouveau les polarités; mais, comme il est de bien moindre énergie que le courant voltaïque, il ne produit par le fait que l'annulation momentanée de ces polarités, *lesquelles reparaissent après, sans doute très-affaiblies, mais persistantes, et ce sont elles qui représentent précisément ce magnétisme rémanent qui survit aux premiers arrachements de l'armature dans un système magnétique fermé. Pour le faire disparaître, il faut, comme pour l'armature, détacher la culasse de l'électro-aimant et la replacer ensuite.*

« A première vue, on pourrait se demander pourquoi, au moment de la désaimantation, l'action du magnétisme dissimulé de la culasse exerce par rapport à celui des noyaux directement magnétisés par l'hélice une action prépondérante, *mais on le comprend aisément quand on considère que la culasse étant en contact permanent avec les deux noyaux, les polarités qu'elle présente à ses deux*

extrémités se trouvent maintenues par leur réaction sur ces noyaux eux-mêmes, qui jouent alors, par rapport à elle, le rôle d'armatures, tandis qu'il n'en est pas de même pour ceux-ci, dont l'une des polarités est rendue libre au moment des désaimantations.

« D'après ces effets, il est facile de comprendre pourquoi un électro-aimant qui n'a pas encore servi est plus énergique au moment où on le surexcite pour la première fois que les fois subséquentes. C'est précisément parce qu'il se développe, après la première action magnétique, une condensation qui se maintient indéfiniment, condensation très-affaiblie, il est vrai, par rapport à celle qui se produit dans un système magnétique fermé, mais qui suffit pour fournir une polarité appréciable et qui ne peut être considérée comme étant entièrement le résultat d'une aimantation permanente de certaines particules aciérées du fer. Par la même raison on peut comprendre pourquoi les électro-aimants tubulaires qui ne sont pas pourvus intérieurement d'une masse magnétique inutile et qui, par conséquent, ne donnent pas lieu à un effet de condensation du genre de celui dont il vient d'être question, fournissent des alternatives d'aimantation et de désaimantation beaucoup plus rapides que les électro-aimants massifs. Mais on comprend aisément que ces avantages ne peuvent exister que quand l'épaisseur du tube est en rapport avec l'énergie du courant qui doit l'aimanter. »

D'autre part, le journal *le Monde* publie l'article suivant dans le numéro du 30 décembre 1875 :

« Nous lisons dans les *Annales télégraphiques* d'octobre un article de M. Héquet où il est question d'une nouvelle disposition d'électro-aimant sans magnétisme rémanent. La théorie qui en est donnée n'est pas nouvelle ; on la trou-

vera indiquée complétement dans un mémoire de M. du Moncel, lu à l'Académie des sciences le 1er mars 1875. Voici en quoi consiste cette modification : On supprime les vis de fer qui fixent habituellement la culasse aux noyaux et font ainsi de certains morceaux une pièce unique, puis on intercale entre la culasse et les noyaux des rondelles de papier, de cuivre ou autre corps non magnétique, dont l'épaisseur doit varier suivant le pouvoir magnétisant des bobines et le degré d'annulation qu'on veut obtenir. On arrive au même résultat en laissant aux noyaux une légère attache en fer, et en faisant glisser perpendiculairement une culasse portant une encoche inclinée qui permet de la rapprocher plus ou moins des noyaux à l'aide d'une vis de rappel.

« M. du Moncel dit dans son mémoire que, pour faire disparaître le magnétisme rémanent, il faut, de même que pour l'armature, détacher la culasse de l'électro-aimant. Nous ne voyons donc pas de différence avec la conclusion de M. Héquet, qui constate qu'il suffit, pour annuler ou affaiblir presque totalement le magnétisme de polarisation, que les noyaux soient isolés l'un de l'autre au moyen d'interruptions pratiquées soit dans le corps de la culasse, soit aux points d'intersection de celle-ci avec les noyaux.

« Quoi qu'il en soit, nous devons reconnaître que ce genre d'électro-aimant est bien supérieur aux autres, et déjà dans la télégraphie on a su utiliser une découverte dont tous les constructeurs voudront profiter, d'autant plus que l'expérience est venue confirmer la théorie que M. le comte du Moncel en a donnée autrefois. » E. G.

M. Héquet nous communique la réponse qu'il adresse au journal *les Mondes*, à la date du 11 janvier 1876 :

« Le journal *les Mondes* publie dans le n° 18 du 30 décembre dernier, sous la signature E. G., un article intitulé « Chronique électrique », où il est dit en substance « que je n'ai fait qu'appliquer les théories de M. le comte du Moncel dans les dispositions nouvelles que j'ai imaginées pour enlever aux électro-aimants leur magnétisme rémanent. »

« Bien que la réalisation matérielle et pratique des idées théoriques du savant physicien qui a écrit tant d'excellents ouvrages sur l'électricité et le magnétisme soit déjà un résultat dont on puisse se contenter, je crois cependant ne pas devoir laisser passer sans rectification un compte rendu qui manque d'exactitude.

« Premièrement, le numéro des *Annales télégraphiques* auquel le rédacteur a emprunté le fond de son article, indique plusieurs manières d'annuler le magnétisme rémanent des électro-aimants. L'une d'elles consiste à scinder la culassse vers son milieu et à en séparer plus ou moins les parties, selon le degré d'annulation que l'on veut obtenir. On voit que, dans ce cas, les surfaces de jonction de la culasse et des noyaux conservent forcément leur position habituelle. Cette méthode, sur la disposition de laqueile je me suis cependant suffisamment étendu et qui donne des résultats très-satisfaisants, a été omise par le rédacteur de l'article précité. Il est vrai qu'elle ne paraît pas confirmer la théorie donnée par M. du Moncel sur le siége de la rémanence.

« En second lieu, un électro-aimant à culasse isolée des noyaux a été mis à l'essai au poste central des télégraphes avant le 1er mars 1875, date à laquelle M. du Moncel fit lecture a l'Académie des sciences d'un mémoire relatif aux électro-aimants tubulaires.

« Il est impossible toutefois de ne pas reconnaître que

M. le comte du Moncel ait touché, dans ce mémoire, à la question qui nous occupe; mais, en m'appuyant sur une autre hypothèse que la sienne, j'avais déjà, à l'époque du 1er mars, résolu en principe le problème et j'avais de plus obtenu une réalisation pratique, sinon encore parfaite.

« Mes recherches dataient du mois d'octobre 1873. »

Le rédacteur du journal *Les Mondes* répond à l'objection résultant de la culasse scindée vers son milieu, par ces quelques lignes du mémoire de M. du Moncel, qui auront, dit-il, sans doute échappé à M. Héquet :

« A première vue, on pourrait se demander pourquoi, « au moment de la désaimantation, l'action du magné- « tisme dissimulé de la culasse exerce par rapport à « celui des noyaux directement magnétisés par l'hélice « une action prépondérante; mais on le comprend aisé- « ment quand on considère que, la culasse étant en « contact permanent avec les deux noyaux, les polarités « qu'elle présente à ses deux extrémités se trouvent « maintenues par leur réaction sur ces noyaux eux-mêmes, « qui jouent, par rapport à elle, le rôle d'armatures, « tandis qu'il n'en est pas de même pour ceux-ci, dont « l'une des polarités est rendue libre au moment des « désaimantations. »

M. Héquet nous adresse aujourd'hui la note suivante :

« J'avais, en effet, lorsqu'a paru la réclamation de M. du Moncel, parcouru, sans m'y appesantir assez, son mémoire, présenté à l'Académie des sciences le 1er mars 1875. En relisant et en étudiant de nouveau ce mémoire avec toute l'attention qu'il comporte, j'ai remarqué qu'une confusion existe dans le débat, et que

la question, traitée par M. du Moncel, n'est pas la même que celle dont je me suis occupé dans les *Annales télégraphiques* de septembre-octobre 1875. En effet, M. du Moncel *examine les causes du magnétisme rémanent qui survit à un premier arrachement de l'armature*, et il place aux surfaces de jonction de la culasse et des noyaux la principale cause de ce magnétisme rémanent, excessivement faible, d'ailleurs, qui persiste très-longtemps, et que l'on suppose, en général, produit par un défaut de pureté du fer doux.

En résumé, le savant physicien a eu pour but d'expliquer « pourquoi un électro-aimant qui n'a pas encore
« servi, est plus énergique au moment où on le surexcite
« pour la première fois que les fois subséquentes; c'est,
« ajoute-t-il, parce qu'il se développe, après la première
« action magnétique, une condensation qui se maintient
« indéfiniment, et qui ne peut être le résultat d'une
« aimantation permanente de certaines particules aciérées
« du fer. »

« Dans mon article, publié par les *Annales*, j'ai parlé des inconvénients de la condensation magnétique (appelée aussi magnétisme de polarisation ou de rémanence), qui subsiste après le passage du courant, mais *pendant que l'armature est encore attirée par les pôles de l'électro-aimant, c'est-à-dire avant son arrachement, et lorsque le système magnétique est encore fermé*. J'ai, en même temps, émis un principe général, susceptible de diverses réalisations matérielles, pour détruire cette condensation qui est considérable, et qui entrave le jeu régulier et rapide de l'armature. Ce principe peut, d'ailleurs, se résumer ainsi : *rompre le circuit magnétique par une ou plusieurs interruptions pratiquées dans la culasse*, ce qui empêche la condensation de se prolonger lorsque le courant a

cessé, et ce qui permet à l'armature de se détacher facilement sous l'action d'une force antagoniste relativement faible.

« S'il existe, à la vérité, une certaine analogie entre l'étude de M. du Moncel et la mienne, on ne peut pas dire qu'il y ait identité ni dans l'objet et le but des recherches, ni dans la solution et les résultats présentés. »

Pour compléter cette étude, nous publions un certain nombre de communications adressées à l'administration par M. Rouvier, inspecteur des télégraphes à Nîmes, qui a étudié la question à propos des perfectionnements qu'il a entrepris d'apporter à l'appareil imprimeur de M. Hughes. La date de chacune des communications est indiquée en tête de l'extrait, et il convient de constater qu'elles n'ont eu jusqu'ici aucune publicité.

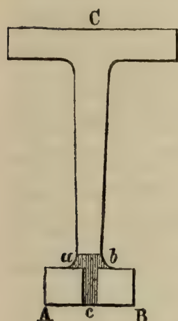
Nîmes, 22 novembre 1872.

On sait que l'armature et le fer doux d'un électro-aimant ordinaire conservent, après le passage du courant, un magnétisme dit de condensation ou de polarisation, indépendant du magnétisme rémanent dû à la force coercitive.

Le même effet se produit avec une grande énergie dans l'électro-aimant de M. Hughes, quand il est soumis à l'action de courants produisant la même polarité que l'aimant permanent. Le magnétisme condensé par les courants de dérivation ou d'induction peut être assez puissant pour retarder notablement et même empêcher le départ de la palette; et sur les lignes sous-marines où le courant est inversé, si la première émission ne produit pas le déclanchement de l'armature, la seconde vient encore augmenter son adhérence et mettre un obstacle in-

surmontable au fonctionnement de l'appareil, tant qu'on reste dans la même situation.

Dans l'un et l'autre électro-aimant, on diminue beaucoup la condensation magnétique en interposant une feuille de papier entre les surfaces en contact. On parvient même à la détruire complétement en détachant l'armature. C'est ce dernier moyen que j'ai employé jusqu'ici dans mon appareil imprimeur où l'arbre à cames soulève, à chacune de ses révolutions, la palette restée adhérente. Mais j'ai recours maintenant à un procédé bien plus simple, applicable d'ailleurs à tous les électro-aimants, et qui consiste à former l'armature au moyen de trois morceaux de fer doux A, B et C entièrement séparés l'un de l'autre par une petite pièce *abc* en laiton ou en tout autre métal non magnétique.



Considérons d'abord l'électro-aimant ordinaire. Quand sa palette est d'une seule pièce, il s'y développe, pendant le passage du courant, un pôle nord et un pôle sud qui sont respectivement attirés par les pôles sud et nord du fer doux, et c'est l'action réciproque de ces pôles contraires qui, après le passage du courant, maintient la séparation d'une partie des fluides magnétiques. Quand, au contraire, la palette est scindée comme je viens de l'indiquer, elle présente, pendant le passage du courant, quatre pôles au lieu de deux, c'est-à-dire un pôle nord et un pôle sud dans chacune des parties A et B, l'un immédiatement en regard du pôle contraire de la branche correspondante du fer doux et qui attire ce dernier, l'autre un peu au-dessus et qui agit en sens inverse. La force qui tend à produire le magnétisme de polarisation se

trouve donc combattue par une force opposée qui tend, au contraire, à réunir les fluides séparés et à ramener la palette et le fer doux à leur état normal après le passage du courant.

Le même raisonnement est évidemment applicable à l'électro-aimant de M. Hughes. La palette scindée le préserve, de la même manière, du magnétisme de polarisation, quand il subit l'action de courants qui surexcitent son aimantation.

Quel que soit l'électro-aimant considéré, la palette scindée sera moins fortement attirée, sans doute, que la palette simple actuellement en usage; mais il faut remarquer que dans l'électro-aimant ordinaire, pour rappeler l'armature au repos après le passage du courant, le ressort antagoniste n'aura plus besoin d'être aussi fortement tendu qu'anjourd'hui puisqu'il n'aura plus à vaincre l'attraction due au magnétisme de polarisation.

Quant à l'électro-aimant de M. Hughes, les expériences que j'ai faites avec mon appareil prouvent que, pour obtenir une adhérence suffisante, il suffit d'augmenter un peu l'épaisseur de l'armature scindée, ou de la faire reposer directement sur le fer doux, ou enfin de remplacer la feuille de papier, ordinairement interposée entre les surfaces en contact, par une même couche d'étain passée sur l'une d'elles.

Nîmes, 12 juillet 1873.

Dans l'application que j'ai faite de mon armature scindée à l'électro-aimant de M. Hughes, elle offrait l'inconvénient de manquer d'adhérence et de se détacher facilement par l'effet des vibrations. Mais il suffira d'augmenter l'énergie de l'aimant permanent, en le construisant, par exemple, suivant le procédé de M. Jamin,

pour obtenir une adhérence suffisante et pouvoir même n'employer qu'un seul électro-aimant pour les deux armatures de mon appareil.

Il n'est plus nécessaire, dans ce cas, pour obvier au magnétisme rémanent de polarisation, de diviser la palette AB en deux parties A, B, séparées l'une de l'autre par un métal non magnétique, puisque cette palette ne doit plus reposer que sur un seul pôle de l'électro-aimant; mais si sa queue C est en fer, il faut toujours l'en séparer par une pièce *ab* en cuivre ou en toute autre substance non magnétique permettant de les relier solidement l'une à l'autre.

Au contact, la palette AB présente deux pôles, l'un très-voisin de celui de l'électro-aimant, mais de nom contraire, l'autre plus éloigné, mais de même nom, qui s'oppose, et cela d'autant plus qu'il est moins éloigné, à la formation du magnétisme rémanent de polarisation.

C'est pour empêcher l'éloignement de ce pôle que je sépare la palette de sa queue si celle-ci est en fer; mais il est clair que dans cette armature, aussi bien que dans la précédente, la pièce magnétique interposée entre la palette et sa queue devient inutile, si cette queue est elle-même en cuivre ou en toute autre substance non magnétique.

Pour la même raison, quand on dispose d'une force magnétique suffisante, il y a tout avantage, pour obvier à la condensation magnétique, à employer une palette très-mince et ne débordant pas la surface de contact du fer doux de l'électro-aimant.

Ce genre d'armature est évidemment applicable à tous les électro-aimants dans lesquels on voudra qu'une palette ne soit soumise qu'à l'action d'un seul pôle.

Nîmes, 9 septembre 1873.

Afin d'obvier au magnétisme rémanent de polarisation, j'ai proposé de scinder la palette ou bien de la faire reposer sur un seul pôle.

Dans les électro-aimants ordinaires, au lieu de scinder la palette, on pourrait scinder le fer doux des bobines. Il suffirait, pour cela, de remplacer par une plaque en cuivre la plaque en fer doux qui forme la base de l'électro-aimant. Alors, sous l'influence du courant, le fer doux de chaque bobine prendrait deux pôles contraires qui, après le passage du courant, tendraient à reconstituer promptement le fluide neutre.

Il est évident que l'effet serait encore plus énergique si l'on scindait à la fois la palette et le fer dans des bobines.

On peut arriver au même résultat sans scinder ni la palette ni le fer doux des bobines, en faisant reposer la palette sur deux pôles de même nom. Il n'y a qu'à enrouler le fil des bobines autour du fer doux de manière que, sous l'influence du courant, les deux extrémités de ce fer doux prennent la même polarité. Supposons, par exemple, que ces deux extrémités deviennent ainsi deux pôles nord : le milieu du fer doux sera un pôle sud. Les deux extrémités de la palette placées en regard des deux pôles nord de l'électro-aimant seront deux pôles sud et le milieu de la palette un pôle nord. Dès que le courant cessera de passer, ce dernier pôle nord tendra à reconstituer le fluide neutre de la palette, et le pôle sud du fer doux de l'élcctro-aimant produira dans ce fer doux un effet semblable.

Sans doute, toutes choses égales d'ailleurs, la force magnétique de l'électro-aimant sera considérablement amoindrie par cette disposition, mais il y aura compensation, car le magnétisme de polarisation n'étant plus

sensible, le ressort de rappel n'aura plus à la vaincre après le passage du courant et pourra être détendu d'autant; et d'un autre côté, la palette pourra sans inconvénient être rapprochée des pôles dont l'action sera ainsi considérablement augmentée.

Nimes, 30 avril 1875.

. . . . . Dans mon appareil imprimeur (j'appelle ainsi, pour simplifier, l'appareil Hughes que j'ai modifié), je crois avoir obtenu un bon résultat en interposant une feuille de papier entre le fer à cheval et les deux équerres en acier fixées aux noyaux des bobines et en substituant en même temps des vis en cuivre aux vis en fer qui relient les équerres au fer à cheval. L'attraction est ainsi diminuée, mais pas trop.

Nîmes, 4 mai 1875.

. . . . . Je crois devoir faire remarquer que l'interposition d'une ou plusieurs feuilles de papier entre le fer à cheval de l'électro-aimant Hughes et les deux équerres en fer fixées aux noyaux des bobines, ainsi que la substitution des vis en cuivre aux vis en fer qui relient ces équerres au fer à cheval, diminuent assez l'attraction magnétique pour que, généralement, on puisse, sans trop tendre les ressorts de la palette, supprimer le barreau en fer doux qu'on applique ordinairement contre les deux branches de l'aimant permanent. Mais si l'on conserve ce barreau, on retombe alors dans le cas de l'électro-aimant ordinaire, et il convient, selon moi, d'interposer une feuille de papier ou d'un métal non magnétique entre les surfaces de contact des équerres et du barreau, ou tout simplement d'étamer ces surfaces. Cette dernière disposition peut être adoptée avec ou sans l'autre.

DÉTERMINATION DU LIEU PRÉCIS DES DÉFAUTS

DANS LES CABLES SOUS-MARINS.

Nous donnons, d'après le *Journal de physique* (numéro de novembre 1875), l'analyse du mémoire que M. Siemens a fait paraître dans les *Annales de Poggendorff* sous le titre suivant : *Contributoin à la théorie de la pose et de l'exploration des câbles télégraphiques sous-marins.*

Après avoir examiné quelques questions relatives à la pose des câbles sous-marins, qui sont entièrement du domaine de la mécanique, M. Siemens rappelle les diverses méthodes proposées pour déterminer l'importance et le lieu précis des défauts des câbles sous-marins et les inconvénients qu'elles présentent.

1° *Le fil est supposé intact.* — Il propose la méthode suivante : Soient x et y les distances du point défectueux aux extrémités du câble ; si l'on isole l'une des extrémités B du câble, en mettant l'autre A en communication avec un pôle d'une batterie de potentiel P, le potentiel p mesuré à l'extrémité isolée sera donné par la proportion $\frac{p}{P} = \frac{z}{z+x}$, z étant, en longueur de câble, la résistance du circuit introduit par le point défectueux, En chargeant l'extrémité B au potentiel P′, mesurant le potentiel p' qu'on obtient alors à l'extrémité A, on a $\frac{p'}{P'} = \frac{z}{z+y}$. Ces deux équations donnent le rapport $\frac{x}{y}$.

Cette méthode suppose que l'enveloppe isolante du

câble fonctionne bien ou que le défaut ne se trouve pas près d'une des extrémités.

M. Siemens conseille de s'arranger de telle sorte que $p = p'$, et d'employer pour la mesure des potentiels un galvanomètre à miroir et une résistance considérable.

On peut encore éliminer les conditions physiques du point défectueux, en intercalant entre les pôles et les extrémités du câble des résistances calculées de manière à annuler le potentiel en ce point : il est clair dans ce cas que la présence de ce défaut n'aura aucune influence sur l'intensité de courant ni sur la distribution des tensions le long du câble.

On commence par donner aux deux extrémités du câble deux potentiels égaux et de signes contraires, de valeur connue, et qui dans l'état normal produisent un courant d'intensité connue; on augmente la résistance d'un côté, et on la diminue de l'autre, jusqu'à ce que le courant, que l'existence du défaut a fait diminuer, soit rétabli dans son intensité primitive; la résistance ajoutée à un pôle et retranchée à l'autre donne la distance du milieu du câble au point défectueux.

2° *Le fil est rompu, mais non l'enveloppe.* — S'agit-il de déterminer le point où un câble est rompu, M. Siemens propose la méthode suivante : Prenez un condensateur dont la capacité soit k fois celle de l'unité de longueur du câble, chargez-le au moyen d'une batterie de potentiel P, et mesurez l'arc d'impulsion a d'un galvanomètre à travers le fil auquel on décharge le condensateur; chargez ensuite le câble avec la même batterie et déchargez-le successivement, en mettant chaque fois le condensateur en contact avec lui, et mesurant ensuite l'impulsion produite par la décharge du condensateur; cela revient à mesurer les potentiels P_1, P_2, ..., P_n que

prend le condensateur à chaque décharge, potentiels qui sont liés entre eux par la relation $P_i : P_{i-1} :: x : x + k$, x étant la longueur du câble entre l'extrémité et le point de rupture; on déduit de là $(x+k)^n : x^n :: P : P_n$, ou encore $:: a : a_n$, a_n étant le $n^{ième}$ arc d'impulsion.

3° *Le fil et l'enveloppe sont rompus.* — Considérons alors le cas le plus complexe, où le câble est rompu et où l'extrémité brisée est en contact avec l'eau, ce qui se présente du reste le plus souvent, puisque le fil métallique et son enveloppe isolante se rompent généralement ensemble. Si l est la distance de la terre au point défectueux, w et z les résistances en longueur de câble du galvanomètre et du défaut, on commence par déterminer comme ci-dessus la résistance $l + z$. Pour avoir une seconde équation entre ces deux inconnues, on charge le câble au moyen d'une batterie de potentiel connu; lorsque le régime permanent est établi, chaque point du câble est chargé d'électricité à un potentiel $P\frac{l-x+z}{l+z}$, si x est sa distance à la terre; si l'on vient à décharger le câble, en remplaçant la batterie par le galvanomètre. l'électricité accumulée en ce point se déchargera par les deux extrémités, en se partageant proportionnellement aux conductibilités $\frac{1}{l+z-x}$ et $\frac{1}{x+w}$; par suite, si l'on prend encore pour unité de capacité l'unité de longueur du câble, il passera par le galvanomètre la quantité

$$Q = \frac{P}{(w+l+z)\ (l+z)}\int_0^l (l+z-x)^2 dx$$

ou

$$\frac{3(w+l+z)(l+z)}{P}\left[(l+z)^3 - z^3\right]$$

d'électricité. En mesurant cette quantité, on aura une

seconde équation entre l et z; posant en effet $l+z=a$, il vient

$$z^3=a^3-\frac{3Q}{P}(a+w)a.$$

Il est seulement indispensable que le câble ne se décharge pas d'une manière appréciable pendant qu'on substitue le galvanomètre à la pile.

A. Potier.

CHRONIQUE.

Télégraphie sous-marine.

Le câble direct des États-Unis. — Le câble direct des États-Unis vient d'éprouver une nouvelle interruption.

La nouvelle rupture s'est déclarée le 10 décembre, à quatre heures après midi, et a été localisée entre Tor-Bay, Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve, à 136 milles à l'est de la rupture précédente, dans une eau peu profonde. La profondeur dans le voisinage de ce point n'est que de 50 à 70 brasses : aussi pense-t-on que la réparation sera promptement faite dès que le *Faraday* sera sur les lieux.

La rupture a éte probablement causée par quelque navire qui a mouillé ou dragué dans le voisinage. La compagnie du câble direct a offert une récompense de 1.000 livres à celui qui fera connaître le navire qui a brisé le câble.

Un avis de Londres, 21 décembre, fait connaître que le *Faraday* part ce jour même pour exécuter la réparation.

Câble entre la Sardaigne et le continent italien. — La maison Émile, d'Erlanger, qui avait obtenu l'entreprise de la pose et de l'entretien du câble sous-marin d'Orbitello à la Sardaigne, par convention en date du 27 juillet 1874, usant de la faculté accordée par l'article 17 de cette convention (*), a cédé son contrat à l'*Eastern Telegraph Company*, laquelle a désigné pour son représentant en Italie M. Alfred Eygington, en résidence à Otrante.

(*Bolletino telegraphico.*)

Adjudication d'un câble entre le Portugal et les États-Unis d'Amérique. — Une adjudication a dû avoir lieu le 21 janvier dernier pour l'établissement et l'exploitation d'une ligne

(*) V. t. II, p. 215.

télégraphique sous-marine entre le Portugal et les États-Unis d'Amérique, en touchant aux îles Açores.

Cette adjudication portait seulement sur le prix de la dépêche simple de 20 mots entre le Portugal et les États-Unis, lequel prix ne doit pas dépasser 100 francs, étant entendu que le maximum de la taxe d'une dépêche simple entre le Portugal et les îles Açores doit être le tiers de la taxe de la dépêche adjugée.

Nous ne connaissons pas encore le résultat de cette adjudication.

Service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie.

Nouméa, le 6 octobre 1875. — Quatre ateliers travaillent à la construction des 356 kilomètres de ligne restant à établir de Canala aux mines du Nord. Les travaux ont commencé sur trois sections le 27 septembre, et les ateliers sont arrivés à Touo et à Oubatche.

Un service météorologique est installé depuis le 15 septembre dans les bureaux de Ouaraï et de Canala, l'un sur le côté ouest, l'autre sur le côté est. Ce service comprend les mouvements de la navigation.

Exposition internationale des applications de l'électricité.

Électricité, Revue scientifique.

M. le ministre des travaux publics a mis, par décision en date du 26 août 1875, le palais de l'Industrie à la disposition de M. Hallès d'Arros, du 1er juillet au 30 septembre 1877, pour l'installation d'une exposition universelle des applications de l'électricité.

Nous aurons à revenir sur cette exposition; pour le moment nous nous bornerons à enregistrer l'apparition d'une nouvelle

revue scientifique illustrée, l'*Electricité*, dont nous venons de recevoir le premier numéro. Cette revue, due à l'initiative de M. Hallès d'Arros, est destinée à vulgariser les notions, les observations et les expériences auxquelles donne lieu l'étude de l'électricité.

Dans le premier numéro nous trouvons la description du procédé employé à Versailles pour l'allumage instantané de tous les becs de gaz à l'Assemblée nationale, un article sur les pierres conductrices de M. du Moncel, une notice sur le docteur Duchesne de Boulogne, etc., etc.

Application des courants inversés à l'appareil multiple Meyer.

Un appareil multiple à six transmissions est actuellement en service entre Paris et Lyon (512 kilomètres) et donne un rendement de 150 dépêches à l'heure par le même fil. On avait éprouvé certaines difficultés à installer un service régulier entre Paris et Marseille (900 kilomètres) par l'appareil à quadruple transmission. Ces difficultés viennent d'être résolues par l'application à cet appareil d'un système à inversion de courants, imaginé par M. Willot, employé à la station centrale de Paris.

Câble de sûreté contre les incendies.

Les incendies dont Paris a été victime ont suggéré à MM. Alph. Joly et Barbier l'idée d'un câble électrique de sûreté dont le but serait de prévenir par le carillon d'une sonnerie (placée dans un endroit très-apparent) qu'un commencement d'incendie se déclare dans un lieu quelconque placé dans le circuit du câble. Le câble est formé de deux fils métalliques isolés l'un de l'autre par une couche de gutta-percha et formant une autre matière analogue et fortement cerclés par un procédé spécial.

Aussitôt qu'un point quelconque du câble vient à s'échauffer

par un commencement d'incendie, la matière isolante entre en fusion, les deux fils sont en contact permanent, et le circuit d'un courant dont les pôles sont reliés à chacun des deux fils met une sonnerie en mouvement continu.

Comme contrôle permanent du bon état du système, les deux autres extrémités des deux fils du câble sont reliées à un bouton commutateur qui permet de fermer artificiellement le circuit. On a ainsi la preuve certaine que le système est prêt à bien fonctionner en cas d'incendie, si la sonnerie marche chaque fois que l'on fait jouer le commutateur.

Pour plus de commodité, on fait revenir le câble sur lui-même par un autre chemin, de manière que le bouton de contrôle soit placé très-près de la sonnerie.

Méthode de M. Maccari pour la mesure des constantes voltaïques.

Le principe de la méthode est le suivant : A un moment donné on interrompt le circuit dont fait partie le couple en activité, et l'on introduit ce couple dans l'appareil à compensation de la méthode Poggendorff, où il reste un temps très-court. On remet alors le couple dans son circuit primitif. Au moyen d'un certain nombre de ces communications successives, on arrive à atteindre une compensation parfaite, ce qui donne la force électromotrice du couple étudié.

(*Journal de physique.*)

Nature de la résistance électrique.

Par M. E. Edlund.

M. Edlund assimile l'électricité à l'éther, et admet qu'un corps est chargé d'électricité + ou —, suivant qu'il contient plus ou moins d'éther qu'à l'état neutre. Considérant alors le courant électrique comme un transport réel d'une quantité

d'éther, il remarque que, dans un courant permanent, la force qui détermine le mouvement doit être entièrement contre-balancée par les résistances, sans quoi le mouvement s'accélérerait; la résistance d'un conducteur est donc égale à la différence des tensions à ses extrémités et proportionnelle à l'intensité du courant. Il assimile cette résistance à un frottement et déduit de cette hypothèse la loi de Joule sur la chaleur produite. (*Journal de physique*.)

Les Inventeurs de la télégraphie électrique.

La mort de sir Ch. Wheatstone a appelé de nouveau l'attention sur les origines de la télégraphie électrique et sur la part revendiquée par les savants de plusieurs pays dans cette découverte.

Ainsi, dans un article publié dans le courant de novembre 1875, l'*Allgemeine Zeitung* prétend que l'honneur de l'invention du télégraphe électrique appartient à Samuel Thomas Sœmmering, dont le système a été rendu public en 1809, et dont le baron Schilling de Canstatt s'est emparé. Ce dernier a fait des expériences à Munich en 1811; il a perfectionné l'invention en 1820, pour présenter enfin l'appareil à un congrès scientifique réuni à Bonn en 1835. A ce congrès, assistait le professeur Munke, de Heidelberg, qui possédait un appareil construit à Francfort, lequel fut montré à William Fothergill Cooke.

Cooke alla à Londres en 1837, organiser la télégraphie du chemin de fer. Il appela à son aide le professeur Wheatstone, et prit avec lui un brevet d'invention.

Quinze jours avant l'inauguration du premier télégraphe, à la station d'Euston, en juillet 1837, une communication électrique avait été établie entre l'Académie des sciences de Munich et l'Observatoire de Bogenhausen.

On ne met pas en doute les services rendus par Wheatstone en perfectionnant la télégraphie; mais l'*Allgemeine Zeitung* soutient que le plus rapide développement des chemins de fer en Angleterre, est seul cause que cette invention y a été utilisée plus tôt qu'en Allemagne.

Le discours de sir John Hauskaw à l'Association Britannique pour l'avancement des sciences et celui prononcé par M. Tresca aux obsèques de Wheatstone, insérés tous les deux dans la livraison des *Annales* de novembre-décembre 1875, reproduisent les principaux éléments des controverses qui se sont élevées à ce sujet. Le *Traité de télégraphie électrique* publié par M. l'abbé Moigno en 1851 contient d'ailleurs les détails historiques de cette invention.

Nous avons pensé cependant que nos lecteurs parcourraient avec intérêt l'histoire de la télégraphie, résumée comme il suit par le journal américain « The Manufacturer and Builder», et que nous empruntons au *Telegrapher*, bien que cette nomenclature soit loin d'être complète.

Chronologie de la télégraphie électrique.

600 av. J.-C. — Thalès de Milet découvre l'électricité de frottement dans l'ambre frotté (*Électron* en grec).

400 av. J.-C. — Platon propose la première théorie de l'électricité. (Voyez le Timon.)

300 av. J.-C. — Théophraste d'Érécie découvre que la tourmaline acquiert la polarité électrique par la chaleur.

10 av. J.-C. — Plutarque décrit les phénoménes électriques connus de son temps.

10 après J. C. — Pline décrit les phénomènes électriques connus de son temps.

1200. William Gilbert, de Londres, découvre que le verre, le soufre, la cire, la résine, les pierres précieuses etc. s'électrisent par le frottement comme l'ambre.

1690. Otto de Guericke, Allemand, construit une machine électrique de frottement.

1695. Boyle et Hawkesbee, font de même.

1728. Étienne Gray, Anglais, découvre la différence entre les conducteurs et les isolateurs.

1729. Gray et Wheeler, en Angleterre, transmettent la secousse électrique à travers plusieurs centaines de pieds de fil.

1738. Dufay, en France, etudie les propriétés des conducteurs et des isolants.

1740. Desaguliers, d'Angleterre, divise les corps en conduc-

teurs et isolateurs, pose les lois, et l'Académie de Bordeaux, en France, couronne son *Traité d'électricité*,

1745. Musschenbroek, de Leyde, Hollande, invente la bouteille de Leyde.

1746. Winkler, de Leipsig, Allemagne, recherche à quelle distance on peut transmettre les courants électriques sur des fils métalliques.

1747. Le Dr Walson transmet des signaux à travers la Tamise sur un circuit de 2 milles de fil et rctour par 2 milles de tare.

1748. Le Dr Franklin, enflamme l'alcool sur la rive opposée de la rivière de Schuylkill, Philadelphie, au moyen de l'étincelle électrique conduite par un fil et retournant par la terre et la rivière.

1750. L'abbé Nollet, en France, fait passer l'étincelle électrique à travers tout un régiment de soldats.

1737. Lomond, en France, transmet des signaux d'une maison à une autre par l'action électroscopique.

1774. Lesage, de Genève, établit le premier véritable télégraphe électrique à 24 fils, isolés dans des tubes de verre, et enfermés dans la terre, chaque fil communiquant avec un électroscope, et chaque électroscope étant marqué d'une lettre.

1775. Volta, Italie, invente l'électrophore.

1779. Luigi Galvani, de Bologne, Italie, trouve que les cuisses de grenouilles fraîches sont de bons électroscopes.

1783. Volta invente le condensateur.

1786. Galvani, découvre l'électricité animale.

1787. Bétancourt, de Madrid, construit une ligne de Madrid à Aranjuez, 26 milles, et fait passer à travers la décharge d'une bouteille de Leyde.

1794. Reusser, de Genève, Suisse, emploie une combinaison de lignes et d'intervalles, avec des bandes d'étain, de telle sorte qu'en illuminant les espaces par l'étincelle électrique, on peut faire ressortir les lettres et les figures. Il y a 2 fils pour chaque lettre, et en tout 74 fils entre les stations.

1796. Salva présente à l'Académie de Madrid un plan de télégraphe électrique, qui est adopté et patronné.

1796. Volta découvre l'électricité de contact.

1797. Cavallo donne des signaux au moyen des décharges d'une batterie de bouteille de Leyde sur de longs fils.

1800. Volta invente la pile qui porte son nom.

1809. Sœmmering décompose l'eau par la pile voltaïque dans 35 tubes, chacun réuni par un fil à la pile; chaque fil porte la même lettre à ses deux extrémités.

1815. Schweigger réduit le nombre de fils à 2 et un seul tube; la lettre est indiquée par le nombre de secondes pendant lesquelles le courant est fermé et le gaz dégagé, conformément à un livre de signaux.

1816. Dr J. R. Coxe, de Philadelphie, propose un télégraphe chimique.

1816. Ronalds, Angleterre, obtient des signaux en faisant mouvoir des balles de sureau sur les cadrans d'horloges synchroniques à 8 milles de distance.

1819. Oersted, de Copenhague, découvre que l'aiguille aimantée se place à angles droits avec le courant électrique.

1820. Schweigger, de Halle, et Poggendorff, de Berlin, découvrent que l'effet sur l'aiguille aimantée peut être augmenté en enroulant le fil autour de l'aiguille, et le galvanomètre est inventé.

1820. Arago, France, aimante un barreau de fer ou une aiguille, en les plaçant dans une bobine de fil traversée par le courant et fonde la théorie électromagnétique.

1820. Oersted propose un télégraphe à aiguille.

1821. Ampère, expérimente le télégraphe à aiguille et le perfectionne.

1823. Ronalds, Angleterre, construit une ligne télégraphique de 8 milles, avec un cadran mobile portant les lettres.

1825. William Sturgeon, de Londres, enroule un fil de cuivre autour d'un fer doux en fer à cheval, et l'aimante en faisant passer un courant voltaïque. Il supporte 9 livres.

1827. Ohm, de Berlin, trouve les lois mathématiques des courants électriques.

1827. Harrisson G. Dyer, de New-York, obtient des signaux en décolorant des papiers d'épreuve par le courant à une distance de 2 milles.

1827. Le professeur Dana exhibe à l'Athenæum de New-York l'électro-aimant de Sturgeon, et montre comment, en établissant ou interrompant la communication avec la pile, on attire ou on laisse retomber l'armature. Le professeur Morse assistait à cette séance.

1828. Moll, Hollande, fait un électro-aimant soulevant un poids de 135 livres.

1829. Le professeur Henry prouve qu'un électro-aimant peut être chargé à de grandes distances.

1830. Le professeur Henry construit un électro-aimant d'une grande puissance, soulevant plus d'un tonneau.

1831. Le professeur Henry invente le premier électro-aimant à mouvement alternatif, l'armature oscillante et l'aimant-relais, tous organes essentiels du système Morse.

1832. Le professeur Morse, de New-York, annonce qu'il a achevé le plan général de son télégraphe, et qu'il prépare l'appareil pour l'essayer.

1834. Weber et Gauss établissent un télégraphe électromagnétique à Gottingue, et l'emploient pour transmettre toutes les communications scientifiques entre le cabinet de physique de l'Université et le laboratoire placé à une certaine distance.

1835. Le professeur Morse applique le relais du professeur Henry à la télégraphie.

1836. Daniell, de Londres, invente la pile constante au sulfate de cuivre avec éléments poreux.

1836. Cook, Angleterre, voit le télégraphe *Shilling* à Heidelberg, Allemagne, et conçoit l'idée de le perfectionner.

1837. Il construit avec Wheatstone, Angleterre, un télégraphe formé de cinq aiguilles aimantées avec bobines et cinq ou six fils.

1837. Cook et Davenpoort construisent un moteur électromagnétique.

1837. Jacobi, de Saint-Pétersbourg, fait mouvoir un bateau sur la Neva par une machine électromagnétique.

1837. Grove, de Londres, invente la pile à platine et acide nitrique avec vases poreux.

1837. Steinheil, de Munich, dispense du fil de retour en fai-

sant communiquer la ligne avec une grande plaque de cuivre enterrée à chaque station.

1837. 3 octobre. Le professeur Morse prend un brevet à l'office des patentes de Washington.

1838. Le professeur Vorsselman de Heer, de Deventer, Hollande, invente le télégraphe électrophysiologique.

1838. 7 avril. Le professeur Morse fait la première application de son brevet.

1839. F. Coombs construit un télégraphe électrique sur le même principe que les indicateurs modernes employés dans les hôtels avec 36 fils et 36 lettres et figures, et obtient le premier prix à l'exposition de New-York.

1840. Janvier. F. Coombs fait fonctionner son télégraphe électromagnétique et une petite locomotive électromagnétique sur le chemin de fer circulaire, actuellement existant à Washington, D. C. (Voir le *Nouvelliste national* du 28 janvier 1840.)

1840. Juin. Brevet accordé au professeur Morse pour son télégraphe électromagnétique.

1840. Joule, Angleterre, construit des électro-aimants de forme spéciale et d'une très-grande puissance.

1842. Silliman, Ir, de New-Haven, invente une pile à plombagine.

1842. Bunsen, d'Heidelberg, invente la pile au charbon.

1844. Premier télégraphe dans les États-Unis en service entre Washington et Baltimore, d'après le système breveté par Morse.

3351 Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière et Cie, rue Racine, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1876 **Mars-Avril**

ÉLECTRO-DIAPASON

(Suite).

Dans un premier article publié dans le numéro de juillet-août 1874, j'ai indiqué la construction des électro-diapasons et la plupart des conditions de leur emploi. J'avais conclu d'assez longues études que l'*entretien électrique* de ces instruments *n'altère pas l'isochronisme de leurs oscillations :* que, lorsque l'amplitude des vibrations à l'extrémité du diapason ne varie pas de plus de 2 à 3 millimètres (de 1 à 3 millimètres par exemple) *la durée* de la *période* du mouvement vibratoire ne varie pas de 0,001 de sa valeur.

Mais lorsque j'ai voulu employer un instrument de ce genre à produire des interruptions de courant parfaitement égales ou à exécuter un petit travail mécanique, j'ai été forcé de lui donner d'assez grandes amplitudes. Je me suis trouvé dans la même obligation lorsque j'ai voulu appliquer ces instruments à la production des

figures acoustiques résultant de la composition optique de deux mouvements vibratoires rectangulaires, dans le cas où l'on veut les projeter sur un écran à une assez faible distance; or, en exécutant sur ce dernier point des expériences que je ne décrirai pas parce qu'elles sont trop en dehors des sujets ordinairement traités dans ces *Annales*, j'ai constaté une influence très-nette de l'amplitude du mouvement vibratoire sur la durée de la période.

De là la nécessité de mesurer aussi exactement que possible cette influence et en même temps celle que pourrait avoir la température.

Mais pour pouvoir au besoin contrôler les résultats de l'expérience par ceux qui pourraient être déduits de la théorie mathématique de l'élasticité, il fallait d'abord savoir quelles étaient les lois exactes du mouvement vibratoire des diapasons, et s'il serait possible de représenter par une formule le nombre des périodes d'un diapason en fonction de ses dimensions et des coefficients qui caractérisent la matière dont il est formé.

Cette étude préalable a été faite, et j'en ai donné les principaux résultats dans deux mémoires insérés aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les 2 et 9 novembre 1874. C'est seulement après avoir fait ce travail que j'ai cherché à déterminer la relation entre l'amplitude du mouvement vibratoire d'un diapason et la durée de sa période, ou, ce qui revient au même, le nombre de périodes par seconde.

Influence de l'amplitude sur la durée de la période.

Pour déterminer cette influence on peut employer trois procédés différents : un procédé optique, que je ne dé-

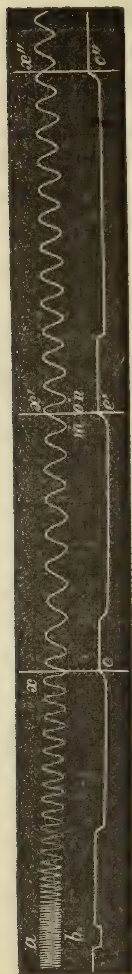
crirai point, et deux autres fondés sur l'enregistrement des vibrations d'un diapason sur un cylindre tournant recouvert de papier enfumé.

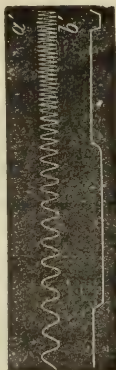
J'ai décrit dans un premier article la manière dont les diapasons sont entretenus électriquement; j'ai défini les diverses pièces de ces appareils et j'ai indiqué comment on inscrivait leurs vibrations (voir *fig.* 1 et 2, pages 52 et 54) : les lecteurs voudront bien se reporter à ces indications.

I

Le premier procédé consiste à donner à l'électro-diapason en expérience des amplitudes de moins en moins grandes, en maintenant chacune d'elles constante pendant 10 ou 20 secondes. On enregistre chaque fois les vibrations sur le cylindre tournant, ainsi que les battements de la palette d'un électro-aimant mise en mouvement par une horloge électrique donnant la seconde et armée d'un style parallèle à celui du diapason. D'ailleurs pour pouvoir mesurer facilement et exactement l'amplitude, on ralentit le mouvement du cylindre au commencement et à la fin de l'expérience, afin que le style du diapason décrive une courbe à spires si serrées qu'elles ressemblent à des hachures contiguës. La figure suivante représente le commencement et la fin de l'un des graphiques ainsi obtenus : on mesure soigneusement les longueurs ab, $a'b'$ qui représentent les amplitudes du mouvement au commencement et à la fin de l'expérience et l'on en prend la moyenne. La ligne à crochets c, c', c''..... correspond aux battements de l'horloge électrique par l'intermédiaire du style de l'électro-aimant : les distances cc', $c'c''$..... correspondent à des

durées égales à une seconde : on mène par les points c, c' c''..... des parallèles; on compte le nombre des sommets de la courbe sinueuse tracée par le style du diapason comprise entre les traits cx et $c'x'$, cx et $c''x''$... et l'on a ainsi le nombre des périodes de l'instrument pendant une, deux, trois... dix... vingt secondes : en divisant ces nombres par 1, 2, 3... 10... 20, on a le nombre des périodes par seconde. Ces nombres doivent coïncider si le mouvement de l'instrument et celui de l'horloge sont réguliers. C'est ce qui a lieu toujours, et je donne dans les tableaux ci-après les nombres qui correspondent à 10 secondes. Rien n'est plus facile d'ailleurs que d'évaluer un fragment tel que mo de la distance mn entre deux sommets à 1/10 près de sa valeur, de sorte qu'il n'y a point d'erreur de mesure dans le quatrième chiffre des nombres cités ci-après.





Parmi les nombreuses séries d'expériences que j'ai faites je donnerai comme type le tableau suivant : tous les autres donnent des résultats analogues.

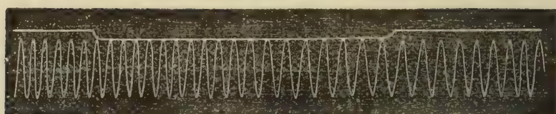
Amplitudes.	$9^{mm},0$	$6^{mm},6$	5,2	4,6	2,6	1,5
Nombre de périodes par seconde.	27,89	27,91	27,915	27,92	27,92	27,92

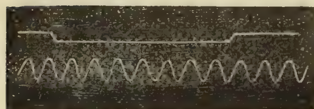
On voit nettement par ce tableau que le nombre de périodes augmente pendant que l'amplitude décroît depuis $9^{mm},0$ jusque vers 5 millimètres ou $4^{mm},5$: à partir de ce moment ce nombre se maintient constant. La variation est très-faible : elle ne porte que sur le quatrième chiffre. Elle s'élève au maximum à 0,03; en la rapportant à la moyenne des valeurs extrêmes 27,89 et 27,92, on obtient $\frac{0,03}{27,90}$ ou $\frac{3}{2790} = \frac{1}{930}$, variation très-petite, mais néanmoins incontestable.

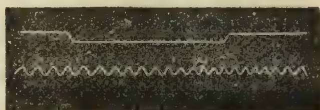
II

Le second procédé expérimental qu'on peut employer consiste à donner au diapason l'amplitude maximum possible, puis à supprimer brusquement l'entretien électrique du mouvement en interrompant le courant de la pile. Le diapason vibre alors uniquement en vertu de son élasticité; son amplitude décroît graduellement depuis la valeur maximum qu'on lui a donnée jusqu'à zéro. On obtient alors des graphiques semblables au suivant.

On mesure, comme on vient de l'indiquer, les nombres de vibrations par seconde correspondant à 2, 4, 6... 10... 20... secondes successives. Si la grandeur de l'amplitude n'avait pas d'influence sur la durée de la période, tous les nombres ainsi obtenus devraient être égaux. Or il n'en est rien; ils sont graduellement croissants jus-







qu'à une certaine limite, ainsi que le montre la série suivante prise comme exemple :

Nombre de secondes.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Nombre de périodes par seconde.	27,82	27,825	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,835	27,833	27,835
Nombre de secondes.	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Nombre de périodes par seconde.	27,835	27,833	27,835	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84	27,84

On a ici une variation du nombre de périodes de même sens que celle que le tableau précédent met en évidence. Elle est de $\frac{2}{2780} = \frac{1}{1390}$ environ, plus petite que la précédente, mais l'amplitude au départ était aussi plus petite, $7^{mm},50$. On voit encore que le nombre de périodes tend vers une limite constante, qui est ici 27,84, et qui est atteinte dès que l'amplitude arrive à 3 millimètres environ.

En présence de variations si faibles, on peut faire l'objection suivante relative aux pièces de l'appareil qui servent à l'entretien électrique.

Le style interrupteur (voir *fig.* 1, 1[er] article) frappe la plaque interruptrice à chaque période, et le choc varie d'énergie avec l'amplitude ; de plus, bien que la pile cesse de fonctionner, on peut craindre une réaction du noyau de l'électro-aimant placé entre les branches. Quoique le style pèse au plus 2 ou 3 centigrammes et que le fer de l'électro-aimant soit doux, il était nécessaire de lever cette objection.

A cet effet j'ai fait des expériences en enlevant le style d'un diapason, le fixant au bout du rhéophore positif de la pile et l'appuyant contre le diapason pour faire passer le courant ; puis, quand l'instrument a pris son amplitude maximum, on retire brusquement le style et en même temps on recule l'électro-aimant, mobile dans une glissière, jusqu'au talon de l'instrument où la réaction supposée du noyau est évidemment sans aucune influence.

Voici les résultats de l'un des graphiques obtenus dans ces conditions :

Amplitudes.	$8^{mm},2$	8,0	6,4	5,7	5,0	4,7	4,3	»	»	0,9
Nombre de secondes.	2	4	6	8	10	12	14	»	»	50
Nombre de périodes par seconde. . . .	29,66	29,66	29,68	29,68	29,69	29,69	29,69	»	»	29,69

La lacune laissée entre les amplitudes $4^{mm},3$ et $0^{mm},9$, pour ne pas allonger outre mesure ce tableau, comprend 17 valeurs de l'amplitude auxquelles correspond toujours un nombre de périodes égal à 29,69 (*).

(*) Ce nombre diffère des précédents 27,84 et 27,92 parce que ce n'était pas le même diapason ; quant aux deux premiers, ils diffèrent parce que les deux styles avaient été changés dans l'intervalle des deux séries d'expériences.

La variation de période est ici de $\frac{3}{2968} = \frac{1}{989}$. Elle est de même ordre que la précédente. L'objection ci-dessus est donc sans valeur.

Le procédé expérimental optique, que je ne décris pas ici, conduit aux mêmes résultats.

On doit donc conclure de ce qui précède : 1° *que la durée de la période du mouvement vibratoire des diapasons diminue quand l'amplitude diminue;* 2° *que cette variation, même pour des amplitudes considérables d'un centimètre, est très-faible et ne porte que sur le 4e chiffre;* 3° *que si l'on ne dépasse pas une certaine limite, qu'on peut fixer à 4 ou 5 millimètres, on peut regarder la durée de la période comme constante.*

Cette dernière loi vient donc confirmer la conclusion pratique que j'avais déduite d'études précédentes.

La théorie mathématique de l'élasticité indique que les vibrations d'un diapason doivent être *isochrones :* mais les résultats ci-dessus ne sont qu'en apparence en contradiction avec les indications de la théorie. En effet, la théorie repose sur deux hypothèses : on admet : 1° *que les vibrations sont rectilignes ;* 2° *que leur amplitude est très-petite*. Or, si ces deux hypothèses peuvent être regardées comme très-suffisamment satisfaites quand l'amplitude ne dépasse pas 3 ou 4 millimètres, il n'en est pas de même évidemment quand elle dépasse cette limite et surtout quand on arrive à des amplitudes de 7, 8, 9, 10 millimètres. Le désaccord, si faible d'ailleurs, entre l'expérience et la théorie n'est plus alors étonnant : c'est le contraire qui le serait.

Influence de la température sur la durée de la période.

Dans le travail auquel j'ai fait allusion plus haut, j'ai fait voir que le nombre de périodes par seconde d'un diapason était représenté par la formule suivante, identique à celle que fournit la théorie de l'élasticité pour les tiges élastiques :

$$n = \mathrm{A}\frac{e}{l^2},$$

e étant l'épaisseur du diapason, *l* la projection des branches sur le plan de symétrie de l'appareil, projection qui constitue ce qu'on peut appeler la *longueur* de l'instrument (la largeur de l'instrument n'a pas d'influence sur le nombre *n*).

A est une quantité constante pour un même diapason, elle est représentée par :

$$\mathrm{A} = \frac{1}{2}\frac{(1{,}89255)^2\sqrt{q}}{2\pi\sqrt{3}\sqrt{d}},$$

q étant le coefficient d'élasticité de l'acier et *d* sa densité. De telle sorte que la valeur définitive de *n* est :

$$n = \frac{1}{2}\frac{(1{,}89255)^2\sqrt{q}}{2\pi\sqrt{3}\sqrt{d}}\frac{e}{l^2}.$$

Lorsque la température de l'instrument varie, les dimensions *e* et *l* de l'instrument varient suivant les lois connues de la dilatation ; il en est de même de la densité *d*. Le coefficient d'élasticité *q* varie aussi, mais la loi de cette variation n'est pas connue : on n'a sur ce sujet, au point de vue expérimental, que des expériences de Wertheim qui manquent certainement de précision, et auxquelles on ne peut se fier sans réserve.

Dans ces conditions je me suis d'abord occupé de

chercher expérimentalement l'influence approximative de la température.

J'ai exposé un diapason, dans une chambre ouverte, à une température assez basse; j'ai ensuite fermé la chambre et l'ai chauffée graduellement, en inscrivant de temps en temps, pendant 10 secondes, les vibrations de l'instrument, à une température constante indiquée par un bon thermomètre appliqué à l'une des branches.

Voici, par exemple, les résultats de 4 mesures :

Températures.	3°,5	10°,0	18°,0	26°,0
Nombres de périodes par seconde.. . .	27,90	27,89	27,86	27,84

Ainsi le nombre des périodes décroît à mesure que la température s'élève.

La variation est faible; elle ne porte que sur le quatrième chiffre, comme celle qui résulte de la variation d'amplitude.

En admettant que le coefficient d'élasticité ne change pas avec la température, en se rappelant que l'épaisseur e et la longueur l d'un diapason varient proportionnellement au binôme de dilatation linéaire de l'acier $(1+\lambda t)$, que la densité d varie en raison inverse du binôme de dilatation cubique $(1+kt)$, et en exprimant que $k=3\lambda$, on peut calculer le rapport $\frac{n'}{n''}$ des nombres de périodes du diapason à deux températures t' et t''.

On trouve ainsi, toutes simplifications faites, en négligeant des termes qui contiennent λ^2 :

$$n' = n''\left[1+\frac{1}{2}\lambda(t''-t')\right].$$

Cette formule montre bien que le nombre n', qui cor-

respond à la température la plus basse est plus grand que celui n'', qui correspond à la température la plus élevée, conformément à l'expérience.

Mais si on fait le calcul pour les températures $t' = 3°,5$, $t'' = 26°,0$, en prenant pour λ la moyenne des valeurs trouvées par divers observateurs pour l'acier et rapportées dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, $\lambda = 0,000011268$, on trouve que si $n'' = 27,84$ valeur donnée par l'expérience,

$$n' = 27,84 \times 1,000141 = 27,8439...$$

de telle sorte que le quatrième chiffre n'est pas altéré.

La conclusion remarquable qui paraît ressortir de là, c'est que la variation dans le nombre de périodes qui se produit quand on fait varier la température est principalement due à l'influence de la température sur le coefficient d'élasticité que nous avions supposé constant dans les calculs ci-dessus.

En résumé, il résulte de cette étude de l'influence de l'amplitude et de la température sur le mouvement vibratoire d'un diapason les conséquences suivantes :

L'*isochronisme des vibrations d'un diapason n'est pas absolument rigoureux : la durée de sa période dépend de l'amplitude et de la température.*

Au point de vue pratique de l'emploi d'un diapason comme chronographe ou interrupteur, *un instrument ne donnera des résultats absolument identiques à des époques différentes, que si l'on opère à la même température et si l'on donne aux vibrations la même amplitude.*

Si l'on n'a pas besoin d'une identité complète et de grandes amplitudes, ce qui est le cas le plus ordinaire, *pourvu qu'on ne dépasse pas une amplitude de 3 à 4 millimètres et qu'on opère à des températures peu différentes,*

on est certain d'avoir le même nombre de périodes par seconde à 0,0001 *près.*

Si, au lieu d'un seul diapason, on en veut employer deux simultanément, on peut juger, d'après ce qui précède, des difficultés qui se présentent. Mais ces difficultés ne paraissent pas insurmontables après les études préalables que j'ai indiquées dans cet article et dans le précédent. C'est ce que j'espère montrer dans un prochain travail sur ce sujet.

E. Mercadier.

DES GRANDEURS ÉLECTRIQUES

ET DE LEUR MESURE EN UNITÉS ABSOLUES

(Suite.)

V

COURANT ÉLECTRIQUE.

Propagation de l'électricité.

101. Le mouvement électrique qui se produit dans un conducteur lorsqu'il réunit deux corps électrisés à des potentiels différents n'a qu'une durée très-courte, et peut même être considéré comme instantané lorsque le conducteur n'a qu'une faible longueur, qu'il est formé d'une substance métallique, et que la charge des deux corps est limitée ; mais si les deux corps sont maintenus à des potentiels constants par une source électrique, il s'établit, au bout d'un petit intervalle de temps, un mouvement régulier ou *courant permanent* qui constitue l'état stable et qui persiste tant que les circonstances qui le produisent ne sont pas modifiées.

Dans l'hypothèse des deux fluides, le conducteur est traversé par deux courants de sens opposé, l'un d'électricité positive et l'autre d'électricité négative ; dans celle d'un seul fluide, qu'on adopte plus généralement pour l'énoncé des phénomènes d'électricité dynamique, on suppose que le fluide positif se meut seul dans le

conducteur; le sens du courant est d'ailleurs toujours défini par la direction du mouvement de ce dernier.

Les courants électriques se manifestent par diverses propriétés: les unes, comme l'échauffement des conducteurs, les décompositions chimiques, l'induction, entraînent une transformation d'énergie; les autres, telles que l'action d'un courant sur un autre courant ou sur un pôle magnétique, peuvent s'observer à l'état statique, c'est-à-dire sans développement de travail, par la simple mesure d'une force.

L'intensité d'un courant dans un conducteur est, par définition, proportionnelle à la quantité d'électricité qui traverse la section de ce conducteur pendant l'unité de temps, ou d'une façon plus générale au rapport $\frac{q}{t}$, q étant la quantité d'électricité qui traverse la section du conducteur pendant un intervalle de temps t, qu'on prend infiniment petit lorsque l'intensité est variable. Quand l'état stable est établi, l'intensité est la même en tous les points d'un même circuit.

On a donc, en nommant i l'intensité du courant, et K une constante :

$$i = K \frac{q}{t},$$

MM. Faraday et Pouillet ont prouvé par l'expérience que l'intensité d'un courant est proportionnelle à son action sur le pôle d'un aimant ou sur un autre courant constant, ce qui fournit un moyen de la mesurer facilement.

102. *Unité d'intensité.* — Dans le système électrostatique, l'unité de quantité étant fixée, on en déduit l'unité absolue d'intensité en faisant dans la formule précédente $K = 1$, $q = 1$ et $t = 1$; c'est celle du courant qui serait produit dans un conducteur par l'unité de

quantité Q qui traverserait une section de ce conducteur pendant l'unité de temps T (*).

Cette unité est représentée par la formule :

$$I = \frac{Q}{T},$$

en remplaçant Q par $\frac{L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}$ (n° 34), on trouve pour l'expression de l'intensité en fonction des unités fondamentales, ou ses dimensions :

$$I = \frac{L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T^2}.$$

MM. Weber et Fechner considérant le courant comme produit par un double mouvement, l'un d'électricité positive, l'autre d'électricité négative, ont pris pour unité d'intensité celle du courant produit par l'unité d'électricité positive circulant dans une direction, et l'unité d'électricité négative circulant en sens contraire ; cette unité est double de celle que nous venons de définir et qui est généralement adoptée. L'unité de Weber doit donc être représentée par 2 dans le système ordinaire.

103. *Loi élémentaire d'Ohm.* — Ohm est arrivé aux lois de l'intensité du courant dans les conducteurs linéaires en partant d'un principe fondamental auquel il a été conduit en assimilant la propagation de l'électricité à celle de la chaleur ; ce principe consiste en ce que *le flux électrique*, ou la quantité d'électricité qui passe d'une section à la suivante d'un conducteur dans un intervalle

(*) Avec les unités fondamentales ordinaires, le mètre, la seconde et la masse du gramme, cette unité d'intensité est très-faible ; ce serait à peu près celle qu'on obtiendrait avec un seul élément Daniell sur un circuit formé d'un fil de fer de 4 millimètres de diamètre et de 350.000 kilomètres de longueur.

de temps donné est proportionnelle à leur étendue, à la différence de leurs tensions, en raison inverse de leur distance et dépend d'un coefficient constant pour chaque substance et variable d'une substance à l'autre, qui représente son pouvoir conducteur ou sa conductibilité; en désignant par h ce coefficient, par U et U′ les tensions des deux sections voisines, par ω leur étendue et par d leur distance, on a pour l'expression du flux pendant le temps t :

$$h\omega t \frac{U - U'}{d}.$$

M. Kirkchoff a étendu la loi d'Ohm au cas général de la propagation de l'électricité dans un plan et dans l'espace, et l'a rattachée à la théorie de l'électricité statique en remplaçant, dans la formule précédente, les tensions U et U′, dont Ohm avait donné une définition un peu vague qui même ne répond plus à l'état actuel de nos connaissances en électricité, par les potentiels.

V et V′ étant les potentiels des deux points voisins, la quantité d'électricité qui traverse le conducteur entre ces deux points pendant l'intervalle de temps t, est donc :

$$\frac{h\omega t\,(V - V')}{d},$$

elle est proportionnelle à la force $\frac{V - V'}{d}$ qui agit sur l'unité de quantité d'électricité au point considéré (nº 38).

Il résulte de cette loi élémentaire que, dans le mouvement électrique, la vitesse du fluide à chaque instant dépend uniquement de la grandeur de la force à laquelle il est soumis, et que par conséquent il ne peut acquérir de force vive, ce qui est en opposition avec les principes de la mécanique. On ne doit donc pas admettre

cette loi dans toute sa rigueur, mais seulement comme une limite dont se rapproche assez le phénomène de la propagation pour qu'on puisse en déduire les lois de l'intensité des courants, et qui est la conséquence de la densité infiniment faible du fluide électrique et de la grandeur relative de la résistance que les corps opposent à son mouvement.

Cette conception est justifiée par l'expérience, car le mouvement électrique dans un conducteur cesse aussitôt que le potentiel devient constant; on peut encore citer à l'appui que l'intensité du courant dans un fil ne change pas lorsqu'on replie ce fil sur lui-même.

104. Le fluide électrique, n'ayant pas de vitesse acquise, se meut toujours dans la direction des lignes de force, c'est-à-dire normalement aux surfaces équipotentielles ou de niveau (n° 42). Il est soumis à deux forces égales et de sens contraire : l'une est la résultante des forces dues à l'électricité libre du champ, l'autre est une résistance mécanique produite par le frottement des molécules électriques contre les particules matérielles des corps conducteurs, et l'on peut démontrer que cette résistance doit être proportionnelle à la vitesse de l'électricité.

Supposons, en effet, qu'une quantité d'électricité q traverse la section du conducteur; en un point quelconque, elle est soumise à une force égale à $q \times \frac{V - V'}{d}$ (n° 45), qui doit être égale à la résistance mécanique opposée par le corps conducteur. Si l'on représente par ρ la résistance qu'éprouve l'unité de quantité d'électricité en mouvement dans un conducteur, $q\rho$ sera la résistance opposée à la quantité q; on doit donc avoir :

$$q\rho = q \frac{V - V'}{d},$$

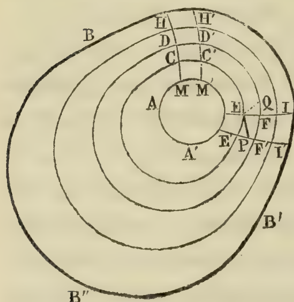
ou

$$\rho = \frac{V - V'}{d}.$$

Or, $\frac{V - V'}{d}$ est, d'après la loi d'Ohm, proportionnel à la quantité qui passe dans l'unité de temps et, par conséquent, à la vitesse de l'électricité.

105. *Propagation de l'électricité dans l'espace.* — Soient deux surfaces AA′ et BB′B″ (*fig.* 29), maintenues l'une et l'autre à des potentiels constants et séparées par un milieu conducteur ; le fluide se meut de la surface AA′ à la surface BB′B″ suivant les lignes de force MCDH, M′C′D′H′, EFI, E′F′I′, normales aux surfaces de niveau, CC′EE′, DD′FF′, HH′II′, etc., et la quantité d'électricité qui traverse un élément quelconque, tel que CC′ = ω pendant un intervalle de temps t, est : $h\omega t \frac{V - V'}{n}$; V et V′ étant les potentiels des deux surfaces voisines CC′ et DD′, n la longueur de la normale CD comprise entre les deux surfaces et h la conductibilité du milieu.

Fig. 29.



On peut démontrer que la même expression représente aussi la quantité d'électricité qui traverse un élément de surface quelconque, EP par exemple, dont la normale EQ forme un angle α avec la ligne de force EF.

Si, en effet, on trace un cylindre ayant pour génératrices les lignes de force qui passent par les divers points du contour de l'élément EP, il découpera sur la surface

de niveau passant par E une petite surface projetée en EE'. L'élément EP est traversé par l'électricité qui passe de EE' à FF', dont la valeur est $h\omega t \frac{V - V'}{n}$, ω étant la surface EE', V et V' les potentiels des surfaces EE' et FF' et n la longueur EF.

Si σ est l'étendue de l'élément EP, et d la longueur EQ de la normale à cet élément comprise entre les surfaces EE' et FF', on a $\frac{\omega}{n} = \frac{\sigma}{d}$, le flux $h\omega t \frac{V - V'}{d}$ qui traverse l'élément EP, peut donc être représenté par

$$h\sigma t \times \frac{V - V'}{d}.$$

C'est cette formule dont on fait usage pour l'étude du phénomène de la propagation dans l'espace ou dans un plan (*).

L'état permanent dans un conducteur ne peut exister qu'à la condition que chaque point conserve toujours le même potentiel, c'est-à-dire que sa situation électrique ne change pas, et, par conséquent, que chaque élément de volume reçoive toujours autant d'électricité d'un côté qu'il en perd de l'autre. Cette condition combinée avec la loi d'Ohm conduit, comme dans le cas de l'électricité statique, à cette conclusion qu'il ne peut exister d'électricité libre à l'intérieur d'un conducteur, ainsi que l'expérience l'a prouvé.

Si l'électricité est due à un fluide unique, il doit donc avoir partout la même densité et se comporter comme un fluide incompressible. Toute l'électricité libre réside à la surface de séparation des corps dont la conductibilité est différente.

(*) Cette formule se met sous la forme $h\, dt . dS \frac{d(V)}{d(n)}$.

Lois de l'intensité des courants électriques.

106. *Conducteurs linéaires.* — Les conducteurs dont on fait généralement usage ont de faibles dimensions transversales; les surfaces de niveau sont sensiblement perpendiculaires à l'axe, et l'électricité se meut parallèlement à ce dernier.

Soient V et V′ les potentiels des deux points voisins C et D (*fig.* 30) situés à une distance d l'un de l'autre; la quantité d'électricité qui traverse dans un temps t la section ω du conducteur, est : $h\omega t \frac{V - V'}{d}$; l'intensité du courant, ou la quantité qui passe dans l'unité de temps, est : $h\omega \frac{V - V'}{d}$.

Quand l'état permanent est établi, l'intensité du courant est la même en tous les points du conducteur, le rapport $h\omega \frac{V - V'}{d}$ est constant et, si la conductibilité h et la section ω ne changent pas, le rapport $\frac{V - V'}{d}$ doit être invariable.

Si l'on représente les potentiels par des ordonnées perpendiculaires à l'axe du fil, leurs extrémités forment une ligne droite inclinée EF. Les potentiels aux deux extrémités du conducteur sont AE et BF; si V_1 et V_2 désignent leurs valeurs, l la longueur du conducteur, l'intensité du courant est :

$$I = h\omega \frac{V_1 - V_2}{l}.$$

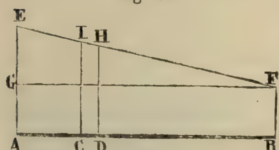
En nommant α l'angle formé par la ligne EF et l'axe AB,

on a :

$$\tan g\,\alpha = \frac{EG}{GF} = \frac{V_1 - V_2}{l} = \omega h I.$$

107. *Charge des conducteurs.* — Puisqu'il n'existe pas d'électricité libre à l'intérieur des corps traversés par un courant permanent, le potentiel aux divers points, c'est-à-dire la somme $\sum \frac{q}{r}$, pour un long conducteur ne peut être dû qu'au fluide libre qui réside sur la surface externe; cette surface doit donc prendre une charge telle que le potentiel décroisse d'une manière continue le long du conducteur. Pour chaque élément de la surface la densité est proportionnelle au potentiel de l'élément, et dépend, en outre, de la forme de la section et de l'influence des corps situés dans le voisinage, c'est-à-dire de la capacité électrostatique (n° 53).

Fig. 30.



La densité de l'électricité peut donc varier d'une manière très-irrégulière le long d'un conducteur; mais si, dans toute son étendue, il se trouve placé de la même manière par rapport aux corps environnants, la capacité électrostatique est constante et la densité en chaque point est proportionnelle au potentiel. Elle décroît régulièrement d'une extrémité à l'autre du conducteur, ce qu'on a vérifié directement par des expériences électroscopiques.

La couche d'électricité libre qui réside à la surface d'un conducteur, ne peut être en équilibre, puisque son potentiel n'est pas constant; elle prend part au mouvement général, mais sa masse étant très-petite par rapport à celle du courant intérieur est négligeable.

108. *Force électro-motrice.* — On nomme force électro-

motrice, la force particulière, quelle que soit d'ailleurs son origine, qui produit ou tend à produire une différence de potentiel entre deux points (*) ; elle a pour mesure cette différence de potentiel.

Ainsi, dans le cas de la *fig.* 30, la force électro-motrice qui agit sur le conducteur AB, et donne lieu au courant, est la différence des potentiels de ces deux points ; en la nommant E, on a :

$$E = V_1 - V_2.$$

La force électro-motrice pouvant être représentée par une différence de potentiels, ses dimensions sont les mêmes que celles de cette grandeur (n° 48) :

$$E = \frac{L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}.$$

109. ***Résistance électrique.*** — L'intensité du courant produit par une force électro-motrice E à travers un conducteur de longueur l et de section ω, est :

$$I = h\omega \frac{E}{l}$$

ou

$$I = \frac{E}{\frac{l}{h\omega}},$$

h étant un coefficient particulier pour chaque substance, qui représente son pouvoir conducteur.

Si l'on pose :

$$\frac{l}{h\omega} = R, \qquad I = \frac{E}{R}.$$

La grandeur R est la résistance électrique ; c'est une

(*) On verra plus loin que les forces électro-motrices ne donnent pas toujours lieu à une différence de potentiel (n° 115).

propriété des conducteurs qui a pour effet de faire varier l'intensité du courant produit par une force électromotrice donnée, et qui est essentiellement distincte de la résistance mécanique opposée par la matière au passage du fluide, et dont il a été question précédemment (n° 104).

La résistance d'un conducteur est proportionnelle à sa longueur, et en raison inverse de sa section et de son pouvoir conducteur.

Deux conducteurs peuvent être substitués l'un à l'autre, et produisent le même courant, si pour ces deux conducteurs on a :

$$\frac{l}{h\omega} = \frac{l'}{h'\omega'}.$$

Cette formule permet de comparer les pouvoirs conducteurs h et h', puisqu'alors

$$\frac{h}{h'} = \frac{l\omega'}{l'\omega}.$$

L'unité absolue de force électro-motrice étant déterminée, ainsi que l'unité absolue d'intensité, on en déduit l'unité absolue de résistance ; c'est celle d'un conducteur qui, sous l'action d'une force électro-motrice égale à l'unité, serait parcourue par un courant qui aurait une intensité égale à l'unité (*).

Les dimensions de l'unité de résistance se déduisent de l'équation $I = \frac{E}{R}$ ou $R = \frac{E}{I}$, en remplaçant E par

(*) L'unité électrostatique absolue de résistance serait à peu près celle d'un fil de fer de 4 millimètres de diamètre qui aurait 100 millions de kilomètres de longueur.

$\frac{L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}}{T}$ et I par $\frac{L^{\frac{2}{3}} M^{\frac{1}{2}}}{T^2}$, on trouve :

$$R = \frac{T}{L}.$$

La résistance est donc exprimée par le rapport d'un temps à une longueur, ou par l'inverse d'une vitesse.

110. *Résistance spécifique absolue.* — La résistance spécifique d'une substance est la résistance électrique de cette substance rapportée à l'unité de longueur et de volume : c'est celle qu'offrirait un conducteur cylindrique formé de cette substance, qui aurait une longueur égale à l'unité et dont la section serait égale à l'unité de surface. En adoptant le mètre pour unité de longueur, ce serait celle d'un mètre cube de la substance, dont deux faces opposées seraient maintenues à des potentiels constants.

En nommant R_s la résistance spécifique d'une matière, un conducteur de section ω et de longueur l formé de cette matière a pour résistance absolue $R = R_s \frac{l}{\omega}$; la surface ω peut elle-même être remplacée par le carré d'une longueur l'^2, et, par suite

$$R = R_s \frac{l}{l'^2}.$$

Si l et l' sont égaux à l'unité de longueur L, $R = \frac{R_s}{L}$ ou $R_s = LR$, et comme les dimensions de R sont $R = \frac{T}{L}$, on trouve pour celles de R_s,

$$R_s = T.$$

La résistance spécifique des diverses matières rapportées à l'unité de volume peut donc être représentée par un intervalle de temps, c'est-à-dire par un certain

nombre de secondes; elle est indépendante des unités de longueur et de masse, et varie seulement avec l'unité de temps.

On rapporte aussi quelquefois la résistance spécifique à l'unité de masse : c'est alors la résistance qu'offrirait un conducteur cylindrique formé d'une substance donnée qui aurait une longueur égale à l'unité, et dont la masse serait égale à l'unité de masse, c'est-à-dire pèserait un gramme.

Pour une matière quelconque, la résistance spécifique rapportée à l'unité de masse est évidemment égale à la résistance rapportée à l'unité de volume divisée par la densité de la matière, c'est-à-dire par le poids de l'unité de volume.

111. *Conductibilité électrique.* — La conductibilité d'un conducteur est l'inverse de sa résistance ou $\frac{1}{R}$.

Les dimensions de la conductibilité, H, sont :

$$H = \frac{1}{R} \quad \text{ou} \quad H = \frac{L}{T};$$

elle est donc représentée par une vitesse. On peut s'en rendre compte de la manière suivante :

Imaginons une sphère électrisée en communication avec la terre par un fil conducteur de résistance R, ou de conductibilité $H = \frac{1}{R}$: à mesure que le fluide s'écoule par le conducteur la charge décroît, mais on peut concevoir que le rayon de la sphère diminue peu à peu, de façon que son potentiel reste constant ainsi que l'intensité du courant.

Si, à un instant donné, Q est la charge de la sphère, V son potentiel et r son rayon, on a $Q = Vr$ (n° 54) ; au bout d'un petit intervalle de temps θ la charge devient

Q′, le rayon r' et, le potentiel restant constant, on doit avoir $Q' = Vr'$.

La quantité d'électricité qui, pendant l'intervalle θ, a passé dans le fil est $Q - Q' = V(r - r')$ et l'intensité du courant I est :

$$I = \frac{Q - Q'}{\theta} = \frac{V(r - r')}{\theta},$$

et comme $I = \frac{V}{R} = VH$, on en déduit :

$$H = \frac{r - r'}{\theta}.$$

La vitesse avec laquelle doit décroître le rayon de la sphère représente donc en valeur absolue la conductibilité du conducteur ou l'inverse de sa résistance.

Un fil de cuivre de 1 millimètre de section et de 1.000 kilomètres de longueur a une conductibilité d'environ 504.300 $\frac{\text{mètres}}{\text{secondes}}$, ou une résistance de 0,000.001.98 secondes par mètre; la conductibilité d'un fil de soie d'un mètre de longueur est dans l'air sec de 25 millimètres, et dans l'air humide de $0^m,90$ par seconde.

112. *Conductibilité spécifique absolue.* — La conductibilité spécifique absolue d'une substance est la conductibilité de cette substance rapportée à l'unité de longueur et de volume, c'est l'inverse de la résistance spécifique absolue; elle a pour dimensions :

$$H_s = \frac{1}{T}.$$

Lorsque la conductibilité spécifique absolue d'une sub-

(*) Mémoire de MM. Maxwell et Jenkin, annexé au rapport d'août 1863 de la Commission de l'étalon de résistance.

stance H_s est connue, on en déduit la conductibilité H d'un conducteur quelconque formé de cette substance dont la longueur serait l et la section ω en posant $H = H_s \frac{\omega}{l}$, sa résistance absolue est $R = \frac{l}{H_s \omega}$.

On rapporte quelquefois la conductibilité spécifique comme la résistance à l'unité de longueur et à l'unité de masse.

La plupart des tableaux qu'on trouve dans les traités de physique ne donnent pas la conductibilité spécifique absolue, mais le pouvoir conducteur rapporté à celui d'un métal choisi arbitrairement, tels que l'argent, le cuivre, le mercure, etc On passe facilement du pouvoir conducteur relatif à la conductibilité spécifique absolue quand on connaît celle d'un quelconque des métaux de la série.

113. *Lois de l'intensité du courant.* — Le cas d'un conducteur limité à deux points qui sont maintenus à des potentiels constants est plutôt théorique que pratique.

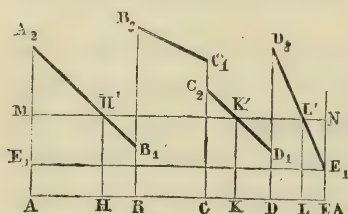
Pour obtenir des courants d'une certaine durée, il faut faire intervenir une ou plusieurs sources électriques sur un circuit fermé soit directement soit par l'intermédiaire de la terre, qui se comporte comme un corps conducteur ordinaire dont la résistance est très-faible en raison de sa grande section.

Les sources électriques sont de natures diverses ; celles dont on fait le plus habituellement usage sont celles qui se manifestent au contact de deux substances hétérogènes et produisent une différence de potentiel qui dépend de la nature des deux corps en contact et est indépendante de l'intensité du courant. Cette différence de potentiel représente la force électro-motrice de la source électrique.

Pour établir les lois du courant (*), il suffit d'indiquer que dans tous les conducteurs qui composent le circuit l'intensité, c'est-à-dire la quantité d'électricité qui traverse la section, est la même, et qu'aux divers points où existe une source électrique, il se produit une différence de potentiel égale à la force électro-motrice de la source.

Soient AB, BC, CD, DE (*fig.* 31), les divers conducteurs qui forment un circuit complet, étendu suivant une ligne droite, les extrémités E et A correspondant au même point; r, r', r'', r''', les résistances des conducteurs AB, BC, etc.; e, e' e'', e''', les forces électro-motrices qui agissent aux points (AE), B, C et D, la force électro motrice au point C agissant en sens contraire des autres.

Fig. 31.



Les potentiels aux divers points du circuit peuvent être représentés par des ordonnées dont les extrémités forment une série de lignes droites inclinées, A_2B_1, B_2C_1, C_2D_1, D_2E_1.

Pour le conducteur AB, l'intensité du courant I est :

$$I = \frac{AA_2 - BB_1}{r};$$

d'où l'on tire :

$$Ir = AA_2 - BB_1,$$

pour le conducteur BC :

$$Ir' = BB_2 - CC_1;$$

(*) Nous croyons devoir rappeler brièvement la théorie d'Ohm, bien qu'elle se trouve dans la plupart des traités d'électricité.

pour CD :

$$Ir'' = CC_2 - DD_1;$$

pour DE :

$$Ir''' = DD_2 - EE_1.$$

En faisant la somme, on a :

$$I(r + r' + r'' + r''') = (AA_2 - EE_1) + (BB_2 - BB_1) + (CC_2 - CC_1) + (DD_2 - DD_1).$$

Les différences de potentiel $AA_2 - EE_1$, $BB_2 - BB_1$, etc. sont les forces électro-motrices e, e', e'', etc.

On a donc :

$$I = \frac{e + e' - e'' + e'''}{r + r' + r'' + r'''},$$

ou plus généralement :

$$I = \frac{E}{R},$$

R étant la somme des résistances de tous les conducteurs et E la somme algébrique des forces électro-motrices en considérant comme positives celles qui produisent une augmentation de potentiel dans la direction du courant, et comme négatives celles qui produisent une diminution, comme e''.

Les lignes A_2B_1, B_2C_1 etc. sont inégalement inclinées; la tangente de l'angle α formé par chacune d'elles avec l'axe AE est, ainsi qu'on l'a vu au nº 106 :

$$tg\,\alpha = I \times h\omega,$$

ω et h étant la section et la conductibilité spécifique du conducteur correspondant.

La grandeur absolue de la tension dépend de celle d'un quelconque des points du circuit. Si, par exemple, le point H est en communication avec la terre, son potentiel est nul et la ligne MHN représentera l'axe à partir duquel

devront être comptés les potentiels, qui seront tantôt positifs et tantôt négatifs.

Lorsque le circuit est isolé, la position de l'axe se détermine par la condition que l'électricité positive et l'électricité négative, qui se trouvent à l'état libre à la surface des conducteurs, soient en quantités égales; pour avoir la position de l'axe, il faut donc connaître la capacité électrostatique des diverses parties du circuit.

Quand on réunit au moyen d'un fil conducteur additionnel les points qui ont un même potentiel, ce fil prend une certaine charge correspondante à ce potentiel, mais il n'est traversé par aucun courant et sa présence ne modifie en rien l'intensité du courant qui passe dans le conducteur principal.

Supposons que les conducteurs AB, BC, CD et DE, au lieu de former un circuit fermé directement, fassent partie d'un circuit comprenant d'autres conducteurs et traversés par un courant d'intensité I.

Soient $V = AA_2$ et $V' = EE_1$ les potentiels aux deux extrémités A et E, on a :

$$IR = V - V' + e' - e'' + e'''$$

ou

$$IR = V - V' + E_1$$

et

$$V - V' = E_1 - IR.$$

R étant la somme des résistances des conducteurs et E_1 la somme des forces électro-motrices comprises entre A et E.

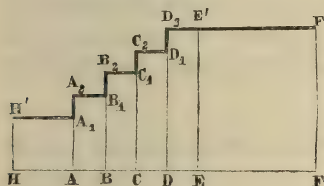
Cette équation permet de calculer la différence des potentiels de deux points d'un circuit quand on connait l'intensité du courant qui le traverse, la résistance des conducteurs et les forces électro-motrices situées entre ces deux points. Si $V = V'$, on a : $E_1 = IR$.

Deux points d'un même conducteur peuvent donc avoir le même potentiel bien que le conducteur soit parcouru par un courant, pourvu qu'entre ces points il existe une force électro-motrice telle que $IR = E$.

114. En appliquant ces principes aux courants produits par les piles voltaïques ordinaires, on se rend aisément compte de la variation du potentiel le long du circuit dans les divers cas qui peuvent se présenter.

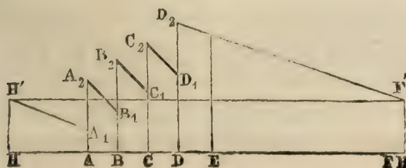
En premier lieu, si le circuit est ouvert, il ne se produit pas de courant, le potentiel est constant dans toute l'étendue de chacun des conducteurs et augmente d'une quantité constante à chaque surface de séparation où se manifeste une force électro-motrice. AB, BC, CD et DE (*fig.* 32) représentant les conducteurs qui forment les éléments de la pile, A, B, C, D, les surfaces de contact siéges des forces électro-motrices, EF et AH les conducteurs extérieurs à la pile, le potentiel est donné par la série des lignes horizontales $H'A_1$, A_2B_1, B_2C_1, etc. La différence des potentiels aux deux pôles de la pile, A et E, est égale à la somme des forces électro-motrices A_1A_2, B_1B_2, etc. des éléments dont elle se compose.

Fig. 32.



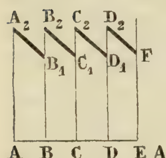
Si le circuit de la pile est fermé par un conducteur AHFE (*fig.* 33), les potentiels sont représentés par une

Fig. 33.



série de lignes parallèles $A_2 B_1$, $B_2 C_1$, etc. (*); pour chaque élément et par une ligne moins inclinée $D_2F'H'A_1$ pour le conducteur interpolaire dont la résistance comprend celle du dernier élément et celle du conducteur extérieur.

Fig. 34.



Enfin, si les deux pôles A et E (*fig.* 34) sont réunis directement, on a pour la représentation du potentiel une série de lignes parallèles inclinées $A_2 B_1$, $B_2 C_1$ etc. placées toutes à la même hauteur par rapport à l'axe AE, et l'intensité du courant est indépendante du nombre des éléments.

Quant à la position de l'axe à partir duquel doivent se compter les potentiels, elle se détermine soit par la position d'un point du circuit dont on connaît le potentiel, soit par la condition que les quantités d'électricité positive et d'électricité négative qui sont libres soient en quantités égales.

115. *Courants d'induction.* — Dans certains cas la force électro-motrice n'a qu'une valeur infiniment faible, mais s'exerce d'une manière continue sur une longueur déterminée d'un même conducteur. C'est ce qui a lieu pour les courants d'induction qui se développent dans un circuit lorsqu'on en rapproche ou qu'on en éloigne un autre circuit traversé par un courant ou encore dans un fil enroulé autour d'un cylindre de fer doux dont on fait varier l'aimantation.

La force électro-motrice développée varie avec la vitesse du mouvement qui éloigne ou rapproche le circuit induit du courant fixe ou de l'aimant, et l'on peut faire

(*) On suppose que les corps qui forment les éléments ont la même conductibilité.

varier ce mouvement de façon qu'elle soit constante pendant un certain temps.

Les lois sont les mêmes que pour les courants voltaïques. Si AB (*fig.* 35) est le fil soumis à l'induction, et si le circuit est ouvert, le potentiel augmente de A à B, et la différence des potentiels $BB_1 - AA_1 = CB_1$ représente la force électro-motrice totale due à l'induction, E.

Fig. 35.

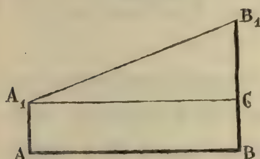
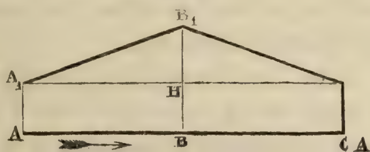


Fig. 36.



Si le circuit est fermé par un fil BC (*fig.* 36) non soumis à l'induction, on a un courant dans la direction ABCA, et l'intensité du courant est $I = \frac{E}{R + R'}$. R étant la résistance AB et R' la résistance BC, les potentiels sont donnés par deux lignes inclinées en sens contraire.

La différence $V_a - V_b$ des potentiels en A et B est toujours moindre que E et est d'autant moindre que la résistance R' du fil BC est moins considérable. En effet, on a entre ces deux points :

$$V_b - V_a = IR' = E \times \frac{R'}{R + R'}.$$

Si enfin, le circuit du fil AB est fermé sans conducteur intermédiaire, le potentiel est le même en tous les points du circuit.

On peut donc concevoir des courants électriques produits sans développement de potentiel et par conséquent d'électricité libre. C'est ainsi que doivent être envisagés les courants qui, d'après l'hypothèse d'Ampère, produisent

le magnétisme terrestre. La force électromotrice, bien qu'elle soit mesurée et puisse être produite par une différence de potentiel, a donc une signification plus générale.

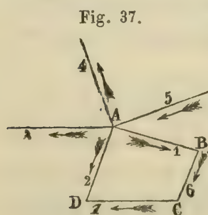
On retrouve un phénomène analogue dans le mouvement de l'eau. Si un tuyau horizontal réunit deux réservoirs pleins d'eau à des niveaux différents, il se produit un écoulement; mais le mouvement peut avoir lieu, même lorsque les deux niveaux sont les mêmes, si l'on met en jeu dans le tuyau une machine hydraulique telle qu'hélice, pompe, etc.

116. *Lois des courants dans les circuits complexes.* — L'étude de la propagation de l'électricité dans les circuits complexes, c'est-à-dire la détermination de l'intensité du courant dans les divers conducteurs, ne présente aucune difficulté quand on connaît leurs résistances et la position des forces électro-motrices.

En premier lieu on indique qu'à chaque sommet du circuit, c'est-à-dire à chaque point où se rencontrent plusieurs conducteurs, il arrive autant d'électricité par un ou plusieurs d'entre eux qu'il s'en écoule par les autres.

Dans ce but, on suppose aux courants qui circulent dans les conducteurs un sens déterminé, et l'on exprime que la somme des intensités des courants qui aboutissent à un sommet est nulle, en affectant d'un même signe les courants qui se dirigent vers un sommet et d'un signe contraire les courants qui s'en éloignent. Pour le sommet A, par exemple (*fig.* 37), auquel arrivent 5 conducteurs parcourus par des courants dont les flèches représentent le sens supposé, on aura :

Fig. 37.



$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 - I_5 = 0.$$

En outre, pour chaque conducteur aboutissant à deux sommets A et B, si V_a et V_b représentent les potentiels de ces points, E_1 la somme des forces électro-motrices qui se trouvent sur le parcours du conducteur AB, et R_1 sa résistance, on a :

$$V_a - V_b = I_1 R_1 - E_1.$$

En considérant un polygone ABCD, formé des fils 1, 2, 6 et 7, on a de même :

$$V_b - V_c = I_6 R_6 - E_6,$$
$$V_c - V_d = I_7 R_7 - E_7,$$
$$V_d - V_a = -I_2 R_2 - E_2,$$

ou en faisant la somme de ces quatre équations, il vient :

$$I_1 R_1 + I_6 R_6 + I_7 R_7 - I_2 R_2 = E_1 + E_6 + E_7 + E_2,$$

c'est-à-dire que la somme des produits qu'on obtient en multipliant l'intensité dans chaque conducteur par sa résistance est égale à la somme des forces électro-motrices, en considérant les intensités comme positives ou négatives suivant que les courants ont la même direction ou des directions contraires.

En appliquant les deux formules précédentes aux divers sommets d'un circuit et aux polygones qu'on peut former avec les conducteurs, on obtient autant d'équations qu'il est nécessaire pour déterminer l'intensité en tous ses points, et le signe trouvé fait connaître si le courant marche dans la direction supposée ou en sens contraire.

Soit par exemple (*fig.* 38) le cas des courants dérivés ordinaires, où plusieurs conducteurs 2, 3, 4 réunissent deux points A et B d'un conducteur AB, sur le parcours duquel se trouve une force électro-motrice E, on a les équa-

Fig. 38.



tions :

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4,$$
$$I_1R_1 + I_2R_2 = E,$$
$$I_2R_2 = I_3R_3 = I_4R_4\,;$$

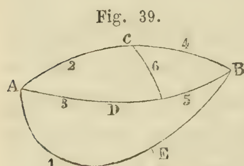
de ces équations on déduit les valeurs de I_1, I_2, I_3 et I_4 :

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + \dfrac{1}{\dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3} + \dfrac{1}{R_4}}},$$

$$I_2 = I_1 \times \frac{\dfrac{1}{R_2}}{\dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3} + \dfrac{1}{R_4}}.$$

Soit encore le cas ou deux dérivations ACB et ADB (*fig.* 39) sont reliées par un conducteur 6, une seule force électro-motrice E, se trouvant dans le circuit sur le parcours du fil 1. En supposant que le courant ait la direction BEA, ADB et ACB, et qu'il parte du point C dans le conducteur 6, les intensités aux divers points du circuit se calculent par les équations :

Fig. 39.



$$I_1 = I_2 + I_3,$$
$$I_2 = I_4 + I_6$$
$$I_5 = I_3 + I_6$$
$$I_2R_2 + I_6R_6 - I_3R_3 = 0,$$
$$I_6R_6 + I_5R_5 - I_4R_4 = 0,$$
$$I_1R_1 + I_3R_3 + I_5R_5 = E.$$

Pour que le fil 6 ne soit parcouru par aucun courant, la valeur de I_6 doit être égale à 0; en indiquant cette condition dans les équations, on arrive à la formule bien connue du pont de Wheastone :

$$\frac{R_2}{R_3} = \frac{R_4}{R_5}.$$

117. *Propagation dans un milieu conducteur.* — La propagation de l'électricité est moins simple dans un milieu conducteur qui n'est pas réduit à de faibles dimensions transversales, tel que l'espace compris entre les deux surfaces AA′ et BB′B″ (*fig.* 29).

Ces deux surfaces étant maintenues à des potentiels constants, le fluide se meut de l'une à l'autre surface dans la direction des lignes de force MCDH, M′C′D′H′, etc.

La quantité d'électricité qui traverse dans l'unité de temps un petit élément $\omega = DD'$ d'une surface de niveau, est, en nommant h la conductibilité du milieu, V et V′ les potentiels des deux surfaces de niveau très-voisines DD′ et HH′, et n leur distance DH :

$$\omega h \frac{V - V'}{n}.$$

La distance n n'étant pas constante en général entre deux surfaces de niveau, cette quantité est variable pour les divers éléments.

On peut nommer *intensité spécifique* le rapport de la quantité d'électricité qui traverse pendant l'unité de temps un élément d'une surface de niveau à l'étendue de cet élément, ou l'intensité rapportée à l'unité de surface; cette intensité spécifique est en chaque point proportionnelle à la vitesse de l'électricité.

M. Edlund a proposé d'attribuer d'une manière générale le mot *intensité* à la quantité d'électricité qui traverse normalement l'unité de surface dans un conducteur quelconque; la quantité totale d'électricité qui passe par un conducteur linéaire serait alors égale au produit de l'intensité par la section. L'action des courants étant proportionnelle à ce produit, il est préférable de le prendre

pour représenter l'intensité, en conservant à ce mot la signification ordinaire.

118. — L'intensité totale du courant est la quantité d'électricité qui traverse dans l'unité de temps une surface de niveau.

Pour avoir cette quantité, I, il faut faire la somme des valeurs $\omega h \frac{V - V'}{n}$ pour toute l'étendue d'une surface quelconque de niveau, ou pour toute l'étendue de la surface AA' (*fig.* 29) par laquelle pénètre le courant, qui est elle-même une surface de niveau. On peut donc poser :

$$I = \sum \omega h \frac{V - V'}{n}$$

ou

$$I = h(V - V') \sum \frac{\omega}{n},$$

h, V et V' étant constants.

Si l'on remplace le milieu compris entre les deux surfaces, dont le potentiel est maintenu constant, par un fil conducteur, la résistance que ce fil devrait avoir pour être parcouru par un courant dont l'intensité serait égale à l'intensité totale du courant qui traverse le milieu représente la résistance de ce dernier.

V et V_1 étant les potentiels constants des deux surfaces, on doit avoir :

$$I = \frac{V - V_1}{R}$$

ou

$$R = \frac{V - V_1}{I},$$

et en substituant la valeur de I trouvée précédemment :

$$R = \frac{V - V_1}{V - V'} \times \frac{1}{h \sum \frac{\omega}{n}}.$$

On peut aussi calculer la résistance en imaginant une série de surfaces de niveau très-rapprochées les unes des autres et en cherchant la résistance de l'espace entre ces diverses surfaces.

Entre deux surfaces de niveau très-voisines, dont les potentiels sont V et V', la résistance est $R = \frac{1}{h \sum \frac{\omega}{c}}$ (*); la somme des résistances ainsi obtenues pour toute l'étendue du milieu donne sa résistance.

119. — La recherche de la résistance d'un milieu, qui est subordonnée à celle des surfaces de niveau, ne peut être résolue que dans quelques cas particuliers, tels que celui d'un milieu homogène compris entre deux sphères concentriques ou entre deux cylindres concentriques ou excentriques.

Ainsi soient a et b les rayons de deux sphères concentriques et h la conductibilité du milieu compris entre elles; les surfaces de niveau sont évidemment des sphères comprises entre les deux sphères extérieures, et la résistance de l'espace compris entre deux surfaces de niveau voisines, dont les rayons sont r et $r + \alpha$, est

$$\frac{\alpha}{4\pi h r^2}.$$

En faisant varier r depuis a jusqu'à b et faisant la somme des résistances partielles, on trouve aisément

(*) En effet, dans l'équation précédente, V représente le potentiel de la surface intérieure AA' (*fig.* 29), V_1 celui de la surface extérieure BB', et V' celui d'une surface de niveau telle que CC'EE' très-voisine de AA. Si l'on n'envisage que l'espace compris entre les deux surfaces A' et CC'EE', V_1 peut être remplacé par V' et $r = \frac{1}{h \sum \frac{\omega}{e}}$.

pour la résistance totale (*) :

$$R = \frac{1}{4\pi h}\frac{b-a}{ab}.$$

Considérons encore le cas de deux cylindres concentriques assez longs pour être considérés comme indéfinis. Les surfaces équipotentielles sont des cylindres concentriques, et pour une hauteur l la résistance de l'espace compris entre deux cylindres concentriques très-rapprochés, dont les rayons sont r et $r+\alpha$, est $\frac{\alpha}{2\pi hrl}$; entre les deux cylindres extérieurs, la résistance sera égale à la somme des termes qu'on obtient en faisant varier r de a et b, ce qui donne (**) :

$$R = \frac{1}{2\pi hl}\log \text{nép.}\ \frac{b}{a}.$$

Cette formule donne en valeur absolue la résistance si h représente la valeur absolue de la conductibilité spécifique.

C'est la résistance qu'oppose au courant l'enveloppe isolante des câbles sous-marins.

120. *Constance du produit de la résistance par la capacité électrostatique.* — Nous avons trouvé pour la capacité électrostatique de deux sphères concentriques

(*) En remplaçant α par dr, on a :

$$R = \int_a^b \frac{dr}{4\pi hr^2} = \frac{1}{4\pi h}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}\right) = \frac{1}{4\pi h}\frac{b-a}{ab}.$$

(**) On a en effet :

$$R = \int_a^b \frac{dr}{2\pi hrl} = \left(\frac{1}{2\pi hl}\log.\ \text{nép.}\ r\right)_a^b = \frac{1}{2\pi hl}\log.\ \text{nép.}\ \frac{b}{a}.$$

dont les rayons sont a et b (n° 55) (*) :

$$S = \frac{ab}{b-a},$$

et en multipliant par le pouvoir inducteur spécifique c de la matière qui sépare les deux sphères,

$$S = \frac{ab \times c}{b-a};$$

pour la capacité électrostatique d'un condensateur de longueur l formé de deux cylindres concentriques

$$S = \frac{l}{2 \text{ log nép. } \frac{b}{a}},$$

ou en tenant compte du pouvoir inducteur,

$$S = \frac{l \times c}{2 \text{ log nép. } \frac{b}{a}}.$$

En faisant le produit de la résistance R par la capacité électrostatique, on trouve dans les deux cas :

$$RS = \frac{c}{4\pi h};$$

le produit RS de la résistance par la capacité électrostatique est donc constant.

On peut démontrer la généralité de cette loi.

En adoptant les notations précédentes on a, en effet, pour l'expression de la résistance d'un milieu compris entre deux surfaces,

$$R = \frac{V - V_1}{V - V'} \times \frac{1}{h \sum \frac{\omega}{n}}.$$

(*) La formule du n° 55 est $\frac{Rr}{R-r}$, dans laquelle R représente le rayon de la sphère extérieure b, et r celui de la sphère intérieure a.

D'un autre côté, si l'on regarde les deux surfaces comme formant un condensateur à air, et si l'on représente par Q la charge de la surface intérieure, on a pour la capacité électrostatique S (n° 81) :

$$S = \frac{Q}{V - V_1}.$$

La charge totale Q est égale à la somme $\Sigma\omega\delta$ des produits des divers éléments ω de la surface par la densité δ en chaque point.

On a vu, n° 83, que la résultante des forces électriques qui s'exercent sur l'unité de quantité à la surface d'un corps, dont le potentiel est V, a pour valeur $\varphi = \frac{V - V'}{n}$, en nommant V' le potentiel d'une surface de niveau très-voisine, et n la longueur de la normale comprise entre les deux surfaces, et qu'elle peut aussi être exprimée en fonction de la densité électrique par l'expression $4\pi\delta$, on a donc :

$$\frac{V - V'}{n} = 4\pi\delta$$

ou

$$\delta = \frac{V - V'}{n} \times \frac{1}{4\pi};$$

d'où

$$Q = \frac{V - V'}{4\pi} \sum \frac{\omega}{n},$$

et par suite

$$S = \frac{V - V'}{4\pi(V - V_1)} \sum \frac{\omega}{n}.$$

Si le milieu qui sépare les surfaces extérieures considérées comme formant un condensateur, au lieu d'être de l'air est une substance dont le pouvoir spécifique inducteur soit égal à c, sa capacité est :

$$S = \frac{(V - V')\,c}{4\pi(V - V_1)} \sum \frac{\omega}{n};$$

en multipliant l'une par l'autre les valeurs de R et de S, on a :

$$RS = \frac{c}{4\pi h},$$

ou si l'on remplace la conductibilité spécifique h par la résistance spécifique $\rho = \frac{1}{h}$,

$$RS = \frac{\rho c}{4\pi}.$$

Lorsqu'on connaît les coefficients c et h, pour un milieu déterminé, on peut déduire la résistance qu'offrirait un milieu formé de cette substance de sa capacité électrostatique, ou réciproquement.

Si c et ρ sont constants, et si l'on fait varier seulement la forme du milieu, le produit de la capacité électrostatique par la résistance reste constant.

C'est ce qui a lieu, par exemple, pour les câbles sous-marins, dont le milieu isolant est ordinairement de la gutta-percha. Quelles que soient les dimensions adoptées pour le conducteur et l'épaisseur de la gutta-percha, le produit de la capacité électrostatique de l'enveloppe par sa résistance est une constante qui dépend uniquement de la qualité de la matière isolante, et qui est la même pour la plupart des câbles construits dans ces dernières années avec la gutta-percha perfectionnée.

E. E. Blavier.

EXAMEN COMPARATIF

DES

PILES USITÉES DANS LA TÉLÉGRAPHIE.

RAPPORT DE M. GAUGAIN SUR LES MODÈLES DIVERS DES PILES DANIELL, CALLAUD, MARIÉ-DAVY ET LÉCLANCHÉ.

(Suite) (*).

PILE MARIÉ-DAVY.

Variations de la force électro-motrice.

Lorsqu'un couple de Marié-Davy est traversé par un courant, sa force électro-motrice subit en général une diminution plus ou moins considérable, et cette diminution peut résulter de deux causes tout à fait différentes.

1° Il peut arriver qu'il y ait de l'eau décomposée et que l'hydrogène vienne s'accumuler sur le charbon qui forme l'électrode positive; alors le charbon se trouve remplacé par une combinaison passagère d'hydrogène et de charbon, il subit l'espèce de modification qu'on est convenu d'appeler *polarisation.*

2° Il arrive dans certaines circonstances que le sulfate de zinc en dissolution se trouve électrolysé et qu'une certaine quantité de zinc se trouve associée au mercure réduit. Dans ce cas, le couple (zinc-charbon) se trouve

(*) Voir *Annales*, tome II, page 532, et tome III, page 54.

remplacé par un couple (zinc-amalgame de zinc) et comme je l'ai indiqué, il y a longtemps, dans une note insérée aux comptes rendus (mars 1856), la force électro-motrice de ce dernier couple change de signe quand on fait varier entre des limites convenables la proportion de zinc associée au mercure. Quand la quantité de zinc est très-minime, le mercure reste positif par rapport au zinc; il devient négatif quand la proportion du zinc contenue dans l'amalgame dépasse une certaine limite qui est elle-même petite.

La force électro-motrice du couple de Marié-Davy peut devenir nulle et même changer de signe sous l'influence de l'une ou de l'autre des deux causes que je viens d'indiquer, mais il est toujours facile de reconnaître dans chaque cas particulier si l'affaiblissement de la force électro-motrice est exclusivement dû à une véritable polarisation ou s'il doit être attribué à la formation d'une certaine quantité d'amalgame de zinc autour de l'électrode charbon : il suffit pour cela d'interrompre le courant qui traverse le couple; la force électro-motrice reprend en quelques minutes sa valeur normale quand le couple est simplement polarisé; quand, au contraire, il s'est formé un amalgame de zinc autour du charbon, l'affaiblissement de la force électro-motrice persiste indéfiniment ou du moins très-longtemps après que le courant a cessé de passer.

Je ne crois pas d'ailleurs qu'aucune autre cause puisse altérer la force électro-motrice d'une manière persistante; chaque fois du moins que, dans le cours de mes recherches, j'ai trouvé que la force électro-motrice d'un couple était devenue à peu près nulle et restait telle après l'interruption du courant polarisateur, j'ai reconnu que le mercure réduit contenait du zinc.

Pour constater la présence d'une quantité de zinc même très-minime dans le mercure, il suffit de recouvrir ce métal d'acide sulfurique étendu et de plonger un fil de platine dans l'eau acidulée et dans le mercure. Si ce métal contient du zinc, il forme avec le platine un couple assez énergique pour décomposer l'eau et un dégagement de gaz se produit autour du fil de platine tandis qu'on ne remarque aucune effervescence dans le cas du mercure pur. Il y a à la vérité d'autres amalgames qui pourraient, comme l'amalgame de zinc, dégager de l'hydrogène dans les conditions indiquées, mais ces amalgames ne peuvent pas se former dans le couple de Marié-Davy et, en conséquence, l'essai que je viens d'indiquer suffit pour reconnaître si le mercure réduit dans l'élément de Marié-Davy contient ou non du zinc.

Lorsque l'amalgame de zinc est traité comme je viens de le dire par l'acide sulfurique, le zinc se dissout et le mercure finit avec le temps par redevenir sensiblement pur. On obtient le même résultat quand on substitue au fil de platine une baguette de charbon et qu'on remplace l'eau acidulée par une bouillie d'oxydule de mercure. Par conséquent l'amalgame de zinc qui se forme dans le vase poreux du couple de Marié-Davy sous l'influence du courant peut être ramené à l'état de mercure pur, lorsque le vase poreux contient encore une quantité suffisante de sulfate d'oxydule de mercure et que le couple reste assez longtemps inactif; mais cette révivification est toujours très-lente : elle exige ordinairement plusieurs jours, tandis que la polarisation qui résulte de la combinaison du charbon avec l'hydrogène se détruit en quelques minutes quand le courant polarisateur a cessé de passer.

Il faut remarquer que la présence du mercure métallique

dans le vase poreux de la pile de Marié-Davy n'est pas du tout préjudiciable, comme on le suppose généralement : j'ai construit un couple de Marié-Davy dans lequel le prisme de charbon a été remplacé par une nappe de mercure pur, et la force électro-motrice de ce couple a été la même que celle du couple ordinaire ; seulement il faut pour obtenir ce résultat employer du mercure pur.

D'après ce qui précède, un couple de Marié-Davy peut être considéré comme hors de service lorsqu'un dépôt de zinc amalgamé s'est formé autour du charbon et, par conséquent, il est important d'empêcher la formation de cet amalgame, mais je crois qu'il ne peut se produire qu'autant que la force électro-motrice du couple se trouve préalablement anéantie déjà par la polarisation ordinaire. C'est seulement lorsque la force électro-motrice du couple se trouve neutralisée que commence l'électrolyse du sulfate de zinc. En conséquence, il suffit, pour empêcher la formation de l'amalgame de zinc, de prendre des mesures pour que la polarisation qui résulte de l'absorption de l'hydrogène par le charbon ne soit jamais très-considérable.

Cette polarisation dépend d'une multitude de circonstances, notamment de l'intensité du courant, du temps pendant lequel ce courant circule à travers le couple, des dimensions de l'électrode polarisée, de la quantité de sulfate d'oxydule que contient le vase poreux et de l'état dans lequel se trouve ce sel. Nous allons successivement examiner l'influence que ces circonstances exercent sur la polarisation.

Influence du temps plus ou moins long pendant lequel circule le courant. — Lorsqu'on décompose de l'eau acidulée en se servant d'électrodes de platine, la force électro-motrice qui résulte de la polarisation va d'abord

en croissant pendant un certain temps, mais bientôt elle acquiert une valeur maxima qu'elle ne dépasse pas quelque prolongée que soit l'électrolysation. Quand, au contraire, un couple de Marié-Davy est traversé par un courant d'intensité suffisante, sa force électro-motrice peut décroître pendant plusieurs jours et même pendant plusieurs semaines. Ces faits me paraissent faciles à expliquer. Dans le cas de l'électrolyse de l'eau acidulée, la force électro-motrice de polarisation croît aussi longtemps que les quantités d'hydrogène et d'oxygène condensées par les électrodes de platine vont en augmentant. Lorsque les électrodes ont absorbé tout ce qu'elles sont susceptibles de prendre, la force électro-motrice de polarisation devient stationnaire et cet état d'équilibre est obtenu le plus souvent dans l'intervalle de quelques minutes. Dans le cas du couple de Marié-Davy, la quantité d'hydrogène condensée par le charbon va aussi en augmentant pendant un certain temps, et c'est une des causes qui font varier sa polarisation; mais, si cette cause agissait seule, la force électro-motrice du couple, après s'être affaiblie graduellement d'abord, prendrait au bout d'un temps très-court une valeur qu'elle conserverait indéfiniment. S'il en est autrement, cela tient à ce que le couple se modifie sans cesse sous l'influence du courant; d'une part la quantité de sulfate va continuellement en diminuant, et il paraît certain, d'autre part, que le sel peut subir à la longue certaines modifications.

Influence de l'intensité du courant. — Nous avons vu que les couples de Marié-Davy mis en expérience dans les séries A et B ne se sont pas sensiblement polarisés. Ces couples ne se polarisent pas notablement tant que l'intensité du courant n'atteint pas une certaine limite qui varie avec les dimensions du couple et l'état du

sulfate; quand cette limite est dépassée, la polarisation devient manifeste et elle croît de plus en plus à mesure que l'intensité du courant augmente. Quand cette intensité est assez grande, la force électro-motrice du couple peut se trouver, dans l'intervalle d'une heure, réduite à la moitié de sa valeur initiale.

J'interprète ces résultats de la manière suivante : il me paraît certain que le sulfate de mercure ne peut être décomposé par le courant qu'à la condition d'être préalablement dissous : ce point admis, on conçoit qu'il n'y a pas d'eau décomposée toutes les fois que le liquide qui baigne l'électrode charbon tient en dissolution une quantité suffisante de sulfate en dissolution : ce sel fournit l'acide SO^4 qui est nécessaire pour constituer le sulfate de zinc. Quand au contraire cette couche de liquide se trouve dépouillée de sulfate de mercure, le zinc doit emprunter à l'eau l'oxygène dont il a besoin pour s'oxyder, et l'hydrogène mis en liberté polarise le charbon en s'accumulant à sa surface. Maintenant, il faut un temps déterminé pour que la couche qui baigne l'électrode de charbon se charge d'une quantité donnée de sel, et si la quantité qu'elle reçoit dans l'unité de temps est plus petite que celle qui se trouve réduite par le courant, la couche s'appauvrit de plus en plus. Or, la quantité de sulfate qui se dissout dans l'unité de temps étant invariable pour un couple donné, et la quantité de sel décomposé étant proportionnelle à l'intensité du courant, il en résulte que l'épuisement de la liqueur est d'autant plus rapide que le courant est plus intense et, par suite, que la polarisation croît avec l'intensité du courant.

Influence des dimensions du couple. — D'après la théorie que je viens d'exposer, il est aisé de comprendre que, l'intensité du courant restant la même, la polarisation

doit diminuer quand les dimensions des couples augmentent; car la quantité de sulfate de mercure qui se dissout dans l'unité de temps va évidemment en augmenant avec la masse du sel employé et, si la quantité de sulfate réduite est supposée invariable, on conçoit que le liquide doit s'épuiser d'autant moins rapidement que les dimensions des couples sont plus grandes.

Il faut ajouter que si la quantité totale d'hydrogène qui se dégage dans l'unité de temps reste la même, la quantité de gaz qui est absorbée par chaque unité superficielle de l'électrode charbon diminue à mesure que la surface de cette électrode augmente et que, par cette nouvelle raison, la polarisation doit diminuer ou devenir moins rapide quand on agrandit les dimensions des couples puisqu'elle dépend uniquement des proportions de l'espèce de combinaison qui se forme entre le charbon et l'hydrogène.

Les faits confirment entièrement ces déductions théoriques : le couple de Marié-Davy du petit modèle commence à se polariser notablement dès que l'intensité du courant atteint une valeur de 2 à 3, tandis que pour le couple du grand modèle la polarisation n'acquiert de l'importance qu'autant que l'intensité dépasse 4 ou 5.

L'expérience suivante met d'ailleurs complétement en évidence l'influence énorme que les dimensions du couple exercent sur la polarisation. J'ai placé dans le même circuit trois couples de dimensions très-différentes : un couple du grand modèle ordinaire et deux très-petits couples dont le vase poreux n'avait que 40 millimètres de hauteur et 15 millimètres de diamètre. J'ai réuni les trois couples en tension et j'ai fermé le circuit sans interposer aucune résistance additionnelle ; l'intensité du courant a été au début égale à 5. Après deux jours de

marche j'ai trouvé que la force électro-motrice du grand couple avait conservé presque intégralement sa valeur initiale tandis que celles des petits couples étaient voisines de zéro ; l'une des deux était négative.

Dans la pratique, on n'a pas l'habitude de réunir des couples de dimensions différentes, mais s'il arrive que l'eau vienne à manquer presque complétement dans l'un des couples d'une pile et que les autres couples contiennent la quantité d'eau ordinaire, les choses se passent comme si le couple qui manque d'eau avait des dimensions beaucoup plus petites que les autres. J'ai vérifié le fait de la manière suivante : J'ai pris deux couples du grand modèle qui contenaient des quantités égales de sulfate d'oxydule et qui différaient uniquement par cette circonstance que l'eau s'élevait à la hauteur de deux centimètres seulement dans le vase extérieur de l'un des couples tandis que le vase extérieur du deuxième couple était rempli à la hauteur ordinaire. J'ai constaté d'abord que les deux couples avaient exactement la même force électro-motrice : la valeur de cette force était 256,9. Cela fait, j'ai réuni les deux couples en tension et j'ai fermé le circuit par le moyen d'une résistance choisie de telle manière que l'intensité du courant fût au début voisine de 4. Après vingt-quatre heures de marche continue j'ai trouvé que la force électro-motrice du couple qui n'avait que 2 centimètres d'eau était tombée à 61,5, tandis que le couple qui avait reçu la quantité d'eau ordinaire avait conservé une force égale à 248,7, valeur peu différente de la valeur initiale.

J'ai dit plus haut que la polarisation dépendait non-seulement de la grandeur de la surface de l'électrode charbon, mais aussi de la quantité de sulfate contenue dans le vase poreux. Ce point me paraît démontré par

l'expérience suivante : J'ai monté deux couples de Marié-Davy en employant pour l'un un vase poreux de 50 millimètres de diamètre (le vase poreux ordinaire du grand modèle) et pour l'autre un vase poreux de 27 millimètres seulement de diamètre. J'ai donné aux deux couples les mêmes électrodes charbon (des baguettes carrrées de 1 centimètre de côté) et les mêmes électrodes zinc (les zincs des couples du grand modèle); les deux vases poreux ont été remplis de sulfate de mercure à la même hauteur et j'ai donné aussi la même hauteur à l'eau contenue dans les vases extérieurs de telle sorte que les deux couples différaient uniquement l'un de l'autre par l'épaisseur de la couche de sulfate qui entourait le charbon. Les deux couples ayant été réunis en tension et le circuit fermé sans interposition d'aucune résistance additionnelle, l'intensité du courant a été un peu supérieure à 4 et j'ai trouvé après quatre jours de marche continue que la force électro-motrice du couple qui ne contenait qu'une petite quantité de sulfate se trouvait réduite à 18,1 tandis que le deuxième couple qui contenait une quantité plus grande de ce sel avait conservé intégralement sa force électro-motrice initiale. Il faut remarquer que lorsque le courant a été interrompu, le petit vase poreux lui-même renfermait encore la plus grande partie de l'approvisionnement de sulfate qu'il avait reçu : la polarisation du couple auquel ce petit vase poreux appartenait ne peut donc pas être attribuée à l'épuisement du sulfate.

Les considérations théoriques que j'ai présentées en commençant conduisent à apercevoir une relation qui existe entre la polarisation, l'intensité du courant et la grandeur du couple : cette relation, très-simple, consiste en ce que la polarisation conserve la même valeur lorsque

la grandeur du couple et l'intensité du courant varient dans le même rapport. Pour faire varier la grandeur d'un couple dans le rapport de 1 à *n*, je réunis en quantité *n* couples de mêmes dimensions et j'obtiens la valeur numérique de la polarisation en prenant la différence des nombres qui expriment la force électro-motrice du couple polarisé et celle du couple non polarisé.

Pour établir *à priori* la relation que je viens d'énoncer, il faut considérer que toutes les fois qu'il y a polarisation le courant se propage en partie par l'électrolyse du sulfate de mercure, en partie par l'électrolyse de l'eau : si l'on imagine donc que l'intensité du courant devienne double et qu'en même temps la quantité de sulfate de mercure qui se trouve disponible dans l'unité de temps soit également doublée, la portion du courant transmise par l'électrolyse du sulfate de mercure prendra une intensité double et il en sera de même de la portion de courant transmise par l'électrolyse de l'eau ; la quantité d'hydrogène mise en liberté dans l'unité de temps deviendra donc double, mais comme elle se répartira sur une surface de charbon deux fois plus grande, la quantité qui s'accumulera dans l'unité de temps sur l'unité superficielle restera la même et la polarisation qui dépend uniquement de cette dernière quantité ne variera pas.

J'ai vérifié cette conclusion par une expérience directe ; deux couples du petit modèle ayant été réunis *en tension* et la résistance interposée dans le circuit ayant été réglée de telle manière que l'intensité du courant fût égale à 3, j'ai trouvé après vingt-neuf minutes de marche que la polarisation était 20 pour l'un des couples et 18,5 pour l'autre ; la valeur moyenne de cette polarisation était par conséquent 19,2. Ce point établi, les deux couples ont été réunis *en quantité* et l'on s'est arrangé

pour que l'intensité du courant s'élevât à 6. Après quarante-trois minutes de marche j'ai trouvé que la polarisation du couple double était de 19. C'est à fort peu près la valeur que j'avais obtenue avec le couple simple en employant un courant d'électricité moitié moindre.

On verra dans une autre partie de ce rapport que la loi de la polarisation dont nous nous occupons en ce moment a été également vérifiée en employant des couples de Léclanché ; je ne doute pas qu'elle ne soit applicable aux piles de toute espèce.

Influence de la composition du sulfate de mercure. Il existe, comme on le sait, deux sulfates de mercure : le sulfate d'oxydule Hg^2OSO^3 et le sulfate de protoxyde $HgOSO^3$; c'est le sulfate d'oxydule que l'on emploie exclusivement dans la télégraphie : on suppose généralement qu'il serait impossible de faire usage du sulfate de protoxyde, mais je ne sais pas si l'on a essayé de s'en servir. On a dit que ce dernier sulfate ne développe *avec le zinc qu'une force électro-motrice très-faible*; mais c'est une assertion tout à fait erronée. J'ai constaté que la pile Marié-Davy montée avec le sulfate de protoxyde présente une force électro-motrice au moins égale à celle du couple monté avec le sulfate d'oxydule.

D'après les considérations théoriques que j'ai exposées plus haut la polarisation doit être plus petite avec le sulfate de protoxyde qu'avec le sulfate d'oxydule. Je n'ai pas eu le temps de vérifier s'il en est ainsi ; mais j'ai constaté qu'un couple du petit modèle monté avec du sulfate de protoxyde avait conservé intégralement sa force électro-motrice initiale après avoir été pendant quatorze jours traversé par un courant d'intensité un.

Je ne crois pas en définitive qu'il soit bien démontré que l'on ne peut pas se servir du sulfate de protoxyde

pour monter les couples de Marié-Davy ; mais si réellement ce sel ne peut être employé, ce n'est point parce qu'il ne développe pas une force électro motrice suffisante, c'est sans doute parce qu'il a la propriété de se transformer au contact de l'eau en un sous-sel insoluble : *le turbith minéral.*

Le sulfate d'oxydule de mercure qu'emploie l'administration des lignes télégraphiques n'est pas neutre : il doit contenir d'après le cahier des charges 3 p. 100 d'acide libre ; mais je ne suis pas sûr que le sulfate d'oxydule qui m'a servi à monter les couples des séries A, B et C ait exactement cette composition, et très-certainement on emploie dans le service des sulfates d'oxydule qui ont des compositions différentes. L'usage établi est en effet de recueillir le sulfate qui reste dans les vases poreux des piles épuisées, de le séparer du mercure métallique aussi bien que possible, de le laver et de l'employer comme sulfate neuf pour monter de nouvelles piles. Or, je me suis assuré que ce vieux sulfate lavé n'a plus du tout les propriétés du sulfate d'oxydule pris dans l'état où il est livré par les fabricants. J'ai réuni en tension deux couples du grand modèle qui étaient montés, l'un avec du sulfate neuf directement fourni par M. Rousseau, l'autre avec du sulfate lavé, et j'ai fermé le circuit au moyen d'une bobine de résistance choisie de telle manière que l'intensité du courant fût égale à 5 environ. Après deux jours de marche, j'ai trouvé que la force électro-motrice du couple monté avec le vieux sulfate était devenue négative tandis que le couple monté avec le sulfate neuf avait conservé à peu près intégralement sa force électro-motrice initiale.

Je ne sais pas exactement quelle transformation subit le sulfate d'oxydule dans la pile Marié-Davy ; si l'on con-

tinuait à se servir de cette pile, il serait nécessaire de faire de nouvelles études sur les sulfates de mercure.

Je terminerai l'exposé des faits relatifs à la polarisation en mentionnant une observation sur l'influence des temps de repos plus ou moins prolongés. Lorsqu'un couple de Marié-Davy est polarisé, même fortement, il suffit en général, comme je l'ai dit, d'interrompre le courant pendant trois ou quatre minutes pour ramener la force électro-motrice à sa valeur initiale; mais si, après cette interruption de trois ou quatre minutes, on referme le circuit, le couple se polarise de nouveau avec une grande rapidité, de sorte qu'en très-peu de temps la force électro-motrice retombe à la valeur qu'elle avait avant l'interruption. Quand, au contraire, le couple est resté inactif pendant quelques heures, sa force électro-motrice s'abaisse plus lentement lorsqu'on vient à fermer de nouveau le circuit. Ces faits s'expliquent, je crois, par le peu de solubilité du sulfate d'oxydule de mercure.

Variations de la résistance. — En rendant compte des expériences de la série C, j'ai mentionné l'accroissement de résistance qui se produit quelquefois dans les couples de Marié-Davy, particulièrement lorsqu'ils restent inactifs : n'ayant observé ce fait accidentel qu'au moment où j'étais sur le point de terminer mes expériences, je n'ai pas pu en rechercher la cause; mais je suis porté à croire que l'accroissement de résistance dont il s'agit est principalement dû à la formation de sels insolubles qui viennent obstruer les interstices des vases poreux et j'imagine en conséquence qu'on éviterait cet accroissement de résistance en disposant le couple de Marié-Davy comme M. Callaud a disposé le couple de Daniell.

Je n'ai pas pu réaliser cette combinaison d'une manière satisfaisante parce que je n'avais pas de charbons de-

forme convenable à ma disposition : j'ai été obligé de me servir d'un prisme de charbon destiné aux couples du grand modèle et la portion de ce prisme qui se trouvait plongée dans le sulfate de mercure offrait une surface beaucoup trop petite. Cependant le couple que j'ai monté en me servant de ce prisme a marché depuis le 2 juillet jusqu'au 3 novembre sans que la force électro-motrice s'abaisse de plus de vingt unités. (Le couple avait été intercalé dans la série A.) Au commencement d'octobre, à la vérité, sa force électro-motrice a été très-faible à un certain moment, mais il a suffi de remuer le sulfate avec une baguette de bois pour ramener la force électro-motrice à une valeur peu différente de sa valeur initiale. Le couple à sulfate d'oxydule de mercure pouvant être considéré comme un couple à un seul liquide, il n'y a pas d'inconvénient à remuer le sulfate, et je crois qu'en le remuant de temps en temps, on arriverait à prolonger la durée de la pile. Avec la disposition de M. Callaud, ce serait une manœuvre des plus faciles. Cette disposition permettrait en outre de renouveler au besoin le sulfate de cuivre dans la pile de Daniell. La résistance du couple ne dépasserait pas, je crois, cinq à six unités de Siemens si l'on conservait à l'électrode charbon la surface qu'elle présente dans le couple du grand modèle dont on se sert aujourd'hui. Je répète d'ailleurs que mes expériences sur cette disposition de pile auraient besoin d'être complétées : tout ce que je peux dire aujourd'hui, c'est qu'elle mériterait d'être étudiée si l'on n'abandonnait pas tout à fait les piles à sulfate de mercure.

Observation sur les électrodes en charbon. — Si l'on forme une pile à un seul liquide en plongeant dans de l'eau de source ou de rivière une lame de zinc et une plaque de charbon, on trouvera que la force électro-motrice

de ce couple peut varier entre des limites très-étendues suivant l'état de la plaque de charbon que l'on emploie. En général, avec les charbons neufs, cette force s'éloigne peu de 220, mais elle peut devenir presque nulle lorsqu'on emploie des charbons qui ont déjà fait partie d'une pile de Marié-Davy. Or, il est remarquable que les charbons qui fournissent les forces électro-motrices les plus différentes lorsqu'on les emploie pour former des couples $\frac{Zn - C}{eau}$ donnent exactement les mêmes résultats lorsqu'on s'en sert pour monter des couples de Marié-Davy. Quel que soit le charbon employé, la force électro-motrice est toujours la même que l'on obtiendrait en remplaçant l'électrode charbon par une électrode mercure : il semble donc que le couple de Marié-Davy doive être considéré plutôt comme un couple (Zn — Hg) que comme un couple (Zn — C).

PILE DE LÉCLANCHÉ.

Le couple de Léclanché est un couple à un seul liquide dont les électrodes sont, l'une un cylindre de zinc amalgamé, l'autre un mélange de graphite et de peroxyde de manganèse concassés ; le liquide est une dissolution concentrée de sel ammoniac. Les actions chimiques qui se produisent dans l'intérieur de ce couple sont telles, je crois, que l'inventeur l'a indiqué. M. Léclanché considérant le sel ammoniac comme un chlorure d'ammonium AzH^4Cl, admet que le chlore se combine avec le zinc et que l'ammonium AzH^4 se transforme en ammoniaque AzH^4O en enlevant au peroxyde de manganèse une portion de son oxygène. Si l'on ne veut pas admettre l'existence de l'ammonium et que l'on considère le sel am-

moniac comme un chlorhydrate d'ammoniaque AzH^3, HCl, on dira que le chlore se combine avec le zinc, que l'hydrogène et l'ammoniaque sont transportés au pôle positif, que l'ammoniaque se dégage et que l'hydrogène est brûlé par le peroxyde de manganèse qui lui cède une partie de son oxygène. Mais s'il est vrai, comme l'affirme M. Léclanché, que l'hydrogène (même à l'état naissant) soit absolument incapable d'opérer la réduction du peroxyde de manganèse, la dernière interprétation ne peut plus être admise qu'en attribuant à l'ammoniaque une action de présence assez invraisemblable, et la pile Léclanché fournit alors un argument en faveur de la théorie de l'ammonium.

M. Léclanché a reconnu que le peroxyde de manganèse doit être concassé en grains grossiers, qu'il perd presque toute son efficacité lorsqu'il est réduit en poudre fine. J'ai vérifié l'exactitude de ce fait, et il me paraît exactement expliqué par M. Léclanché qui l'attribue à ce que la résistance d'un volume de poudre fine de peroxyde de maganèse est beaucoup plus grande que celle d'un volume égal de peroxyde en grains grossiers. Je n'ai pas eu le temps de déterminer ces résistances ; mais elles ont été mesurées par M. Léclanché qui a trouvé (p. 11 de sa brochure) que la résistance de la poudre fine atteint de 1,500 à 2,000 mètres tandis que celle de la poudre grossière va de 100 à 150 mètres seulement.

Si cette dernière résistance est aussi petite que M. Léclanché l'affirme, je ne m'explique pas bien pourquoi il ajoute au peroxyde en grains un volume égal de charbon de cornue concassé. Je ne doute pas que par ce mélange de graphite on n'arrive à diminuer la résistance totale de la masse. Mais en même temps on modifie la nature de l'électrode qui, au lieu d'être formée exclusive-

ment de peroxyde de manganèse, se trouve alors composée en partie de peroxyde de manganèse, en partie de graphite, et il paraît évident qu'une portion au moins de ce graphite doit se polariser sous l'influence du courant.

M. Léclanché estime (p. 14 de sa brochure) que la teneur du peroxyde de manganèse utile est de 5 à 6 p. 100; je crois cette évaluation fort exagérée. Le peroxyde de manganèse MnO^2 contient 36,7 p. 100 d'oxygène (chimie de Regnault) ; le sesquioxyde en contient 30,3; par conséquent si l'on employait du peroxyde pur et si ce peroxyde était complétement ramené à l'état de sesquioxyde, la teneur en oxygène utile serait 6,4; mais il me paraît certain que les fragments de peroxyde de manganèse ne subissent de réduction qu'à leur surface, et comme ces fragments doivent être assez gros, la portion de peroxyde de manganèse qui se trouve réduite n'est en définitive qu'une très-minime partie de la masse totale.

Les expériences de la série A, que j'ai citées dans la première partie de ce rapport, font voir que la pile de Léclanché se comporte tout autrement que la pile de Marié-Davy, lorsque l'intensité du courant est égale à l'unité. Cette dernière pile conserve sa force électro-motrice initiale jusqu'au moment où le sulfate se trouve presque complétement épuisé, tandis que la force électro-motrice du couple de Léclanché, après avoir subi au début une chute considérable, s'abaisse ensuite très-lentement et d'une manière graduelle. On aperçoit aisément, d'après ce qui vient d'être dit, les raisons de cette différence d'allures. Dans le couple de Marié-Davy l'électrode positive est invariable : c'est une lame de graphite qui reste plongée dans une dissolution de sulfate d'oxydule de mercure aussi longtemps que la provision de ce sel est suffisamment abondante. Dans la pile de Léclanché,

au contraire, l'électrode positive est formée en partie de graphite, en partie de peroxyde de manganèse, et ce peroxyde se modifie continuellement sous l'influence du courant : d'abord sa surface exclusivement formée de peroxyde est active dans toute son étendue ; puis, à mesure que le peroxyde se réduit, elle n'est plus active que sur certains points dont le nombre va toujours en se restreignant.

Il existe encore une autre différence entre le couple de Léclanché et celui de Marié-Davy : lorsque l'intensité du courant est assez grande, la force électro-motrice de ce dernier couple s'abaisse plus ou moins, mais cet abaissement est dû exclusivement à une polarisation, c'est-à-dire à une combinaison passagère du gaz hydrogène avec l'électrode positive, et il suffit d'interrompre le courant pendant quelques minutes pour que la force électro-motrice reprenne sa valeur initiale. Dans le cas des couples de Léclanché les choses se passent autrement : lorsque la force électro-motrice s'est affaiblie sous l'influence d'un courant énergique, il suffit de tenir le circuit rompu pendant quinze ou vingt minutes pour que cette force reprenne une valeur comprise entre 200 et 220 ; mais après des journées et des semaines entières de repos on ne retrouve pas la valeur initiale qui est en général peu inférieure à 300. Il y a donc une diminution persistante de la force électro-motrice qui n'est pas due à une véritable polarisation, et, comme cette diminution se produit très-rapidement même sous l'influence d'un courant assez faible, on peut dire que la force électro-motrice du couple de Léclanché n'est en réalité que de 220 ou environ, bien que les couples neufs donnent une force voisine de 300.

En parlant des couples de Marié-Davy, j'ai indiqué

une relation assez remarquable qui existe entre la polarisation, l'intensité du courant et la grandeur du couple. Comme je l'ai dit, cette relation doit être vraie pour toutes les piles, et j'ai vérifié qu'elle subsiste pour la pile de Léclanché ; dans une expérience j'ai constaté ; 1° que la force électro-motrice d'un couple simple s'est abaissée en vingt-quatre heures de 282,9 à 224,7, qu'elle a perdu, par conséquent, 58,2 lorsque la résistance interposée était 100 S et que la déviation du multiplicateur conique était 13° 7′ ;

2° Que dans le même intervalle de vingt-quatre heures la force électro-motrice d'un couple double (obtenu en réunissant en quantité 2 couples simples) s'est abaissée de 282 à 222,8, qu'elle a perdu par conséquent 59,2, la résistance interposée étant 50 S et la déviation du multiplicateur conique étant de 23° 2′. Comme on le voit, la diminution de la force électro-motrice a été sensiblement la même dans les deux cas quoique dans le deuxième cas l'intensité du courant ait été presque double de ce qu'elle était dans le premier. L'accroissement de l'intensité du courant a été compensé par l'accroissement de la surface polarisée.

MODIFICATIONS

APPORTÉES A LA PILE MARIÉ-DAVY

PAR L'EMPLOI DU CHARBON DE CORNUE;

EMPLOI DU MÊME CHARBON DANS D'AUTRES PILES.

Les résutats peu satisfaisants fournis dans beaucoup de bureaux télégraphiques par la pile Marié-Davy ont préoccupé pendant longtemps le service du contrôle du matériel. Le soin avec lequel sont faites les analyses du sulfate d'oxydule de mercure ne laissant pas de doute sur la bonne qualité de ce sel, on a cherché ailleurs la cause des inconvénients qu'elle présente si fréquemment. Ces recherches (dont je ne donnerai pas ici le détail), faites sous ma direction par M. Beaufils, attaché à mon service, ont conduit ce fonctionnaire à apporter à cette pile des perfectionnements notables.

Pour mieux faire comprendre l'utilité de ces changements, il est nécessaire de dire un mot sur le sulfate d'oxydule de mercure employé dans les piles Marié-Davy. Ce sel se prépare d'ordinaire par la voie directe, en faisant agir, à une chaleur modérée, l'acide sulfurique sur le mercure ou par un autre moyen dérivé de celui-là, et qui demande plus de soin, mais donne un produit plus pur.

Celui préparé par la première méthode est à l'état amorphe; employé dans les piles, il forme pâte avec l'eau, et, s'il se trouve bon, paraît être d'un meilleur usage

que le second. Malheureusement, dans cette préparation, il est presque impossible d'éviter la formation d'une certaine quantité de sulfate de protoxyde, HgO, SO^3, qui reste mêlé au sulfate d'oxydule. Ce sulfate de protoxyde, au contact de l'eau, se dédouble en un sel acide qui reste dissous, et en un sel basique, jaune, insoluble (turbith mineral), qui passe pour incruster les vases poreux.

Le second sulfate est cristallin, sableux, ne renferme que du sulfate d'oxydule Hg^2O, SO^3, répond exactement aux conditions fixées par le cahier des charges, mais il retient mal l'acide sulfurique libre qui, d'après les études de M. Baron, inspecteur divisionnaire des lignes télégraphiques, est nécessaire au bon fonctionnement de la pile Marié-Davy. En conséquence, si l'on fait usage de la méthode habituellement employée pour monter cette pile, en mêlant préalablement au sulfate une certaine quantité d'eau, on arrive par ce fait même à éliminer l'acide sulfurique qui, étant très-avide d'eau, se sépare de la pâte mercurielle; il ne reste plus qu'une masse sableuse qui, par son poids, se tasse considérablement dans le vase poreux et devient impénétrable à l'eau. La pile agit alors par intermittences : on dit qu'elle se polarise, mais en réalité, le sulfate de mercure, ne se dissolvant pas au fur et à mesure des besoins, agit comme cause première. Ces observations suffisent à expliquer comme quoi, en exigeant des fournisseurs des produits réellement supérieurs, on a obtenu, dans la pratique, des résultats souvent médiocres.

Les causes principales qui, chaque année, limitaient l'emploi de la pile au sulfate d'oxydule étant connues, il était naturel de chercher le remède à cet état de choses. Le sulfate d'oxydule faisant dans le vase poreux une masse compacte difficilement pénétrable à l'eau, M. Beaufils a

pensé à drainer cette masse au moyen du charbon de cornue. Une occasion s'est présentée en avril 1874 de connaître la valeur de ce procédé : Voulant utiliser l'électro-moteur Froment du cabinet de physique pour faire un interrupteur qui devait mettre diverses piles à l'essai dans les mêmes conditions de dépense, on n'avait, pour remplir ce but, que la pile Bunsen, sur la durée de laquelle il ne fallait pas compter, et les piles au bichromate, qui le faisaient tourner quelques heures et se polarisaient ensuite. Une pile de six éléments au sulfate d'oxydule de mercure mêlé d'un égal volume de charbon de cornue concassé fut installée. Chaque élément, d'un grand modèle, contenait dans le vase poreux 3 kilogrammes de sulfate d'oxydule; elle fit fonctionner l'électro-moteur pendant 61 jours. Elle fut alors démontée, et l'on trouva le sulfate d'oxydule de mercure *complétement réduit.* Le mercure métallique de l'un quelconque des vases poreux fut séparé du charbon et pesé. Le poids obtenu répondait au chiffre théorique du mercure qui doit exister dans 3 kilos de sulfate, défalcation faite du poids d'acide sulfurique. L'emploi de cette pile fut continué pour faire fonctionner l'électro-moteur et l'interrupteur.

Une seconde pile de ce système (70 éléments), mais d'un plus petit modèle, a été montée plus tard pour servir aux expériences du cabinet de physique. Tout en demandant moins d'entretien que celles au sulfate de cuivre, dont on s'était servi jusqu'à ce moment pour cet usage, elle a donné des résultats meilleurs et sert encore.

Enfin une pile du même genre, de 50 éléments (dimensions du Callaud grand modèle), a été montée le 21 octobre 1875, au laboratoire, et mise en service le 24 novembre suivant à la station centrale, à Paris, sur un fil de Marseille destiné à l'appareil de Wheatstone. Depuis

son installation, elle a donné des résultats si excellents que M. l'inspecteur divisionnaire de Paris a demandé 50 éléments du même modèle pour desservir d'autres grands fils. La force électro-motrice de chaque élément est de 1,4 à 1,5 (celle d'un élément Callaud étant 1). La résistance de chaque élément est de 3 à 4 Ohms (celle d'un élément Callaud grand modèle étant de 8 à 9). Ces chiffres donnent l'explication de la grande intensité du courant fourni par cette pile. En outre de ces propriétés électriques, la pile Marié-Davy, ainsi modifiée, jouit de la propriété de fonctionner jusqu'à la réduction complète du sulfate en mercure. Pour monter les 50 éléments de la station centrale, on ne s'est même servi que des résidus de sulfate d'oxydule de mercure provenant des piles Marié-Davy ordinaires.

Les effets si remarquables du charbon dans cette pile sont de trois espèces : 1° une action physique en drainant la matière et en la rendant accessible à l'eau, en même temps qu'il augmente considérablement la surface de la lame dépolarisante ; 2° une action électrique, en ce sens qu'il est conducteur et qu'il diminue la résistance ; 3° enfin, peut-être aussi une action chimique et de présence, en favorisant la décomposition du sulfate.

De l'emploi du charbon de cornue dans les piles au sulfate de cuivre. — Ces résultats ont fait penser que l'emploi du charbon de cornue dans les autres piles devait exercer une action utile. On l'a introduit d'abord dans la pile Callaud, dont l'usage est le plus répandu. M. Beaufils a établi plusieurs éléments de ce système (petit modèle), en plaçant le sulfate de cuivre dans une éprouvette percée dont M. Lesieur, horloger de l'administration, fait depuis longtemps usage. L'électrode positive est une lame de cuivre entourant l'éprouvette aux endroits où elle est

percée. Au fond du vase de verre, autour de l'éprouvette, on place le charbon concassé, dont la hauteur s'élève jusqu'à un centimètre du zinc. Celui-ci est installé comme d'habitude. Les effets obtenus, comparés à ceux fournis par d'autres éléments Callaud de même grandeur et du système ordinaire, ont été les suivants :

Durée de l'essai.	171 jours.
Dépense en zinc pour un Callaud ordinaire petit modèle.	105 grammes.
Dépense en zinc pour un Callaud au charbon.	40 grammes.

Dépense en sulfate de cuivre, moitié moindre dans les Callaud au charbon que dans les Callaud ordinaires.

La force électro-motrice d'un élément de cette nature est la même que celle d'un élément Callaud ordinaire ; sa résistance est de 11 à 12 Ohm, tandis que celle d'un Callaud ordinaire en très-bon état est de 8 à 10 Ohm.

Un des avantages secondaires de cette pile est celui de pouvoir retirer le cuivre qui se dépose en plaques minces sur le charbon. Après 171 jours de fonctionnement, le charbon de l'un des éléments a été mis dans un creuset et grillé. Quoique l'opération ait été arrêtée trop tôt, et que la chaleur n'ait pas été suffisante pour un grillage complet, M. Beaufils a pu recueillir un poids de cuivre métallique égal à la moitié de celui existant dans le sulfate de cuivre dépensé.

Dans cette pile, le charbon joue seulement le rôle de diaphragme. Il diminue les consommations inutiles, mais ne transforme pas la pile en pile de quantité comme dans le cas de la pile Marié-Davy ; une transformation de cette nature aurait lieu si l'on appliquait le charbon à la pile Daniell ordinaire, en le mêlant directement aux cristaux de sulfate de cuivre dans le vase poreux.

De l'emploi du charbon de cornue dans les piles au chlorure de fer. — Lorsqu'on met du charbon dans une

pile au chlorure de fer montée comme un Daniel, la force électro-motrice se trouve légèrement accrue. Il y a en outre cet avantage que si l'on emploie un cylindre de fer au lieu de zinc, le fer reste parfaitement net et décapé sur toute la partie qui plonge dans l'eau.

De l'emploi du charbon de cornue dans les piles au bichromate. — M. Beaufils a trouvé des avantages et des inconvénients à employer le charbon de cornue concassé dans celles de ces piles où le bichromate est acidulé. Avec son emploi, la force électro-motrice est accrue et la résistance diminuée. La quantité d'électricité fournie par ces éléments est presque égale à celle fournie par des éléments Bunsen; mais, au bout d'un certain temps, les cristaux d'alun de chrome qui se forment ne font plus qu'une seule masse avec le charbon de cornue concassé, et cette masse ne laisse plus pénétrer l'eau. Dans des cas particuliers, M. Beaufils a obtenu de meilleurs résultats, mais pour que l'exception devienne la règle, il faut trouver un sel composé dans lequel le bichromate, tout en conservant ses propriétés, ne produise en aucun cas d'alun de chrome, question qui n'est pas insoluble. Si l'on arrive à ce résultat, on aura une pile de beaucoup la plus énergique, à part la pile Bunsen, mais approchant très-près de celle-ci, et possédant une durée que cette dernière ne peut avoir.

Agglomérés ou dépolarisateurs solides. Piles portatives. — Enfin, M. Beaufils a employé le charbon de cornue pour faire avec le sulfate d'oxydule de mercure des agglomérés ou dépolarisateurs solides qui permettent d'établir des piles portatives sans vases poreux et d'une très-grande commodité. Ce genre de piles repose sur cette découverte que le charbon de cornue, à un certain état et en poudre fine, forme, sous l'influence de la cha-

leur, avec la paraffine et le sulfate de mercure, un corps solide très-dur, quoique poreux, que l'on utilise comme dépolarisateur soit en cylindre, soit en plaque, en le mettant en présence du zinc dans un vase rempli d'eau. Le modèle actuellement en usage se construit ainsi : avec du charbon de cornue pilé très-fin, de la paraffine et du sulfate d'oxydule de mercure, on forme, sous l'influence de la chaleur, une pâte très-consistante qu'on tasse dans un vase d'ébonite, en ayant soin de laisser au centre de ce bloc une cavité cylindrique verticale, dans laquelle on place un bâton de zinc au milieu de l'eau. Un prisme de charbon qui fait corps avec la pâte solidifiée constitue le pôle positif de l'élément. Un élément de ce genre, mis dans un circuit fermé par une sonnerie, n'a pas cessé de fonctionner depuis le 31 décembre 1874 jusqu'à ce jour. Cet élément avait été construit à titre d'essai avant que les proportions relatives de charbon, de sulfate d'oxydule de mercure et de paraffine fussent exactement fixées. Plus tard ces proportions furent arrêtées et d'autres spécimens de piles de cette espèce furent construits. Une pile de 21 éléments de ce système est actuellement en service, à la station centrale, sur le fil de Château-Thierry, depuis le 30 août 1875.

On l'a retirée en moyenne tous les 25 jours pour y remettre de l'eau.

Dans ces agglomérés, on pourrait remplacer le charbon par le graphite et la paraffine par la stéarine; on peut les faire aussi avec d'autres sels que le sulfate de mercure, avec le bichromate par exemple.

Détails sur la manière de monter la pile au charbon de cornue et au sulfate de mercure. — Il s'agit simplement de mêler au sulfate d'oxydule, *tel qu'on le reçoit*, un égal volume de charbon de cornue concassé; mais comme le

sulfate, par son grand poids, tend à glisser au fond du vase poreux, il est bon, si l'on veut user complétement le sel et n'avoir pas de résidus, de faire préalablement, au fond du vase poreux, un lit de charbon seul; le mélange est ensuite ajouté, et l'on termine par une poignée de charbon seul, pour intercepter l'air et la lumière et servir de bouchon. Avec l'emploi du charbon, qui laissera toujours pénétrer l'eau, il est permis de tasser le produit en frappant avec la paume de la main sur le vase poreux.

Quand on se sert de vases poreux d'un petit modèle, on doit prendre du charbon plus fin, parce qu'il tient moins de place et laisse moins de vides. Dans ceux des piles portatives ordinaires, on peut mettre de la poudre de charbon.

Cette poudre de charbon peut aussi être employée au lieu de charbon concassé dans les piles affectées à un usage dans lequel il est indifférent d'avoir des éléments résistants. Dans celles-ci, le sulfate doit être très-peu acidulé.

Si l'on se sert de résidus au lieu de sulfate neuf, on les réacidule à 4 ou 5 p. 100 d'acide sulfurique.

Lorsque la pile est usée, on jette le contenu du vase poreux sur un tamis en crin; le mercure métallique passe et le charbon reste sur le tamis. Le mercure est propre si l'on a eu soin d'employer du charbon bien dépourvu de poudre par un lavage préalable.

Dans les piles portatives sans vases poreux à blocs dépolarisateurs, le mercure et la paraffine de ceux-ci se retirent par distillation.

LAGARDE,
Inspecteur.

DESCRIPTION

D'UN

NOUVEAU SYSTÈME D'ÉLECTRO-AIMANT

A BOBINES EN FER.

Les recherches qui ont conduit à la découverte de ce nouveau genre d'électro-aimant ont eu pour point de départ les données suivantes : *diminuer la masse* du fer tout en *augmentant la surface d'action*, et trouver ainsi un appareil assez sensible pour fonctionner avec des courants de faible intensité, afin de diminuer les effets d'induction et de dérivation sur les lignes.

Cet électro-aimant se compose de :

1° Deux bobines telles que les deux joues et le noyau de chacune d'elles ne forment qu'une seule pièce, prise dans un même morceau de fer, qui est évidé au tour. Le diamètre des joues, dans le modèle expérimenté, est de 2 centimètres; leur épaisseur de 1 millimètre; la longueur du noyau de 3 centimètres et son diamètre de 4 millimètres. Le fil recouvert est enroulé directement sur les bobines. Avec ces dispositions, les spires agissent à la fois dans un sens perpendiculaire sur le noyau et dans un sens parallèle sur les joues. Ces deux actions s'ajoutent et développent un pôle unique au contour de chaque joue.

2° La culasse formée d'une plaque de fer de même épaisseur que les joues, d'une longueur un peu supérieure

au double de leur diamètre et d'une largeur égale à ce diamètre. Les deux extrémités sont arrondies en demi-cercle et percées, aux deux centres, par des trous permettant de fixer la plaque contre les bobines à l'aide de deux vis en cuivre qui pénètrent dans les noyaux. Le contact immédiat entre la culasse et les bobines doit être empêché par l'interposition d'une mince feuille de papier.

3° L'armature de mêmes formes et dimensions que la culasse.

Les résultats suivants ont été obtenus dans les expériences faites avec ce système.

L'armature étant suspendue par des fils à 1 millimètre des bobines, s'est trouvée attirée par le courant d'un élément de pile composé d'une tige de cuivre et d'une tige de zinc plongées dans l'eau.

L'électro-aimant monté en relais d'appareil a fonctionné avec un élément Léclanché en interposant dans le circuit 140 kilomètres de résistance.

Des communications ont été échangées entre Chaumont et Besançon avec quatre et même trois éléments Callaud; le service ordinaire a été fait entre ces deux bureaux du 12 janvier au 12 février avec six et avec huit éléments.

M. du Moncel, dans ses nombreuses expériences sur les électro-aimants, a construit des modèles qui, à première vue, paraissent ressembler au nouveau système. (V. l'*Exposé des applications de l'électricité*, 1873, tome II, pl. I, *fig.* 3, 4 et 12.) Mais sa bobine simple ainsi que son électro-aimant double ne sont pas faits d'une seule pièce; un anneau en fer est simplement soudé à chaque extrémité des noyaux, afin d'augmenter l'attraction équatoriale dans la construction de certains genres d'électromoteurs. Avec cette disposition, des pôles différents se produisent aux extrémités des noyaux et aux contours des

joues, et les effets magnétiques ne s'ajoutent pas, comme dans le nouveau système oû il n'y a qu'un pôle unique au contour de chaque joue. Aussi M. du Moncel n'a-t-il pas obtenu de bons résultats de sensibilité, comme il le déclare lui-même (*ibid.* pages 76 et 78).

Des modèles du système qui vient d'être décrit sont en construction et serviront à compléter les expériences.

FRIDBLATT,
Employé contrôleur.

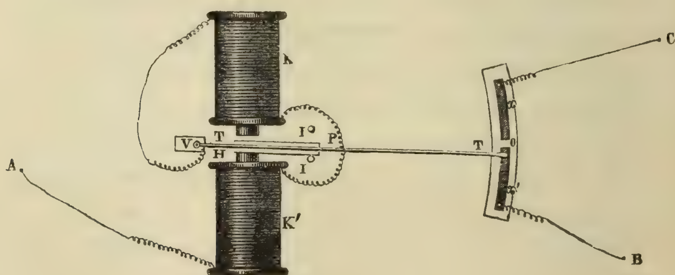
Chaumont, le 5 mars 1876.

COMMUTATEUR AUTOMATIQUE

POUR LE RAPPEL DES BUREAUX SECONDAIRES.

Le mode d'installation, que je vais indiquer, a, sur celui qu'on emploie généralement pour le rappel de deux bureaux secondaires, l'avantage d'exiger des piles plus faibles, et surtout de laisser subsister une bonne communication entre un des deux bureaux secondaires et le poste de dépôt, lorsqu'à l'autre bureau le fil est en communication avec la terre, ce qui peut avoir lieu après les orages.

Il consiste à isoler automatiquement, pendant la transmission, celui des deux bureaux avec lequel on n'a pas à travailler. Pour cela, il suffit de placer sur le parcours du fil de ligne au bureau intermédiaire, un appareil fort simple dans le genre de celui dont je vais donner la description.



K, K′ sont deux électro-aimants simples; PH un petit barreau d'acier aimanté, maintenu par une légère tige en cuivre TT pivotant en V et libre à son autre extré-

mité ; xx' une lame circulaire en cuivre sur laquelle repose et se meut la tige TT. Cette lame est coupée en son milieu *o* par une petite pièce isolante.

L'extrémité libre de TT doit être assez large pour que, placée en *o*, elle soit toujours en communication avec l'un ou l'autre des arcs x et x'.

Le poste A, pour transmettre, envoie un courant positif ou un courant négatif, selon qu'il veut travailler avec B ou avec C. Supposons qu'il emploie le courant positif pour B. Ce courant traverse successivement les deux bobines, revient en V, suit la tige TT, et va en B ou en C. Or, s'il produit une attraction par K' et une répulsion par K sur le barreau HP, il ira en B, car P viendra s'appliquer contre le butoir inférieur en entraînant l'extrémité libre de la tige TT sur l'arc x'.

Il est entendu, d'ailleurs, que B doit employer un courant de nom contraire à celui de A.

Pendant toute la durée du travail, le poste C, ainsi que le montre la figure, restera isolé.

Le poste A envoyant un courant négatif pour travailler avec C, l'effet contraire se produira.

A l'état de repos, la communication devra toujours être établie entre A et C, c'est-à-dire que TT sera constamment en contact avec l'arc x. Il suffira pour cela au poste A, après avoir travaillé avec B, de faire une seule émission de courant de sens convenable (négatif).

Il sera toujours facile au poste B, qui est isolé, de se mettre en communication avec A. Pour cela, il ramènera la tige TT sur l'arc x' au moyen d'un bouton de rappel spécial, qui n'est pas indiqué dans la figure.

ROUSSEL,
Employé des lignes télégraphiques.

Bar-le-Duc.

CHRONIQUE.

Télégraphie sous-marine.

Câble direct des États-Unis. — Le câble direct des Etats-Unis, dont nous avons annoncé la rupture survenue le 10 décembre 1875, a été rétabli le 11 janvier ; une nouvelle rupture s'est manifestée le 23 janvier entre la Nouvelle-Écosse et les États-Unis : elle a été réparée dans le courant de février.

La Compagnie a pris le parti de garder le *Faraday* sur les côtes de la Nouvelle-Écosse, en attendant qu'elle ait fait l'acquisition d'un navire spécialement aménagé pour les réparations.

La Charente. — Le transport à vapeur de l'administration française des Télégraphes, la *Charente*, est rentré le 20 mars à Toulon, après avoir réparé le câble du cap Corse à Livourne, dans lequel une perte s'était déclarée à 30 kilomètres environ de la côte corse, par les plus grands fonds de la ligne (525 mètres). A la suite de cette opération, la *Charente* avait été mise à la disposition de l'administration italienne, pour le compte de laquelle elle a exécuté les travaux suivants dans le détroit de Messine : relèvement du câble à trois conducteurs de Cannitello (Calabre) à Ganzirri (Sicile) ; — pose d'un câble à un conducteur entre les mêmes points ; — réparation du câble de Bagnara (Calabre) à Capo Mazzone (Sicile).

Les Ruptures récentes du câble direct des États-Unis.

(Extrait du *Journal télégraphique international.*)

The telegraphic Journal a reçu copie du rapport, en date du 2 février, de sir William Thomson et de M. T. J. Bramwell sur les dernières ruptures du câble direct des États-Unis. C'est à ces deux électriciens, dont les noms sont une garantie des soins et de la compétence qu'exigent de pareilles recherches, qu'a été confié l'examen des extrémités du câble fracturé et des sections relevées. Il leur a été fourni quatre tronçons de câble.

Le tronçon, examiné en premier lieu, formait la partie Est de la rupture qui s'est produite, le 27 septembre, à la latitude de 45°7′12″ et la longitude de 54°21′24″ dans une profondeur de 70 brasses (128 mètres). Les fils de l'armature qui avaient, au point de rupture, pris une forme conique, indice d'un métal parfait n'ayant subi aucune espèce de détérioration, ainsi que l'apparence du câble fracturé, ne permettaient qu'une seule conclusion, à savoir, que la rupture n'a nullement été la suite d'une détérioration quelconque ou d'une condition imparfaite du câble, et que ni frottement ni pression n'ont pu la causer, mais qu'elle s'est produite sur un câble en parfait état et à travers des fils complétement sains, de sorte que le câble n'a pu être cassé que par une traction très-violente. Cette traction doit être attribuée, soit au bras d'un grappin, soit à la patte d'une ancre qui aura d'abord attaqué le câble par la partie ouest de la rupture, et l'aura suivi sur une certaine distance vers l'est, repoussant ainsi les parties extérieures du câble qui forment maintenant une espèce de bourrelet d'une longueur de 0m,33 autour de l'extrémité orientale du câble. Ce bourrelet a fini par arrêter le glissement du grappin ou de l'ancre, comme le prouve la marque empreinte sur l'armature à l'endroit où l'accumulation de la matière a arrêté le glissement. C'est cet arrêt qui aura déterminé la traction finale, cause de la rupture.

Un tronçon du câble relevé à l'occasion de la réparation de

cette première rupture s'est offert dans un état absolument parfait; il avait, en fait, toute l'apparence d'un câble neuf, quoiqu'il eût séjourné au fond de la mer depuis près d'un an et demi.

Les expérimentateurs ont examiné les deux extrémités de la seconde fracture qui a eu lieu, le 10 décembre, à la latitude de 44° 51′ 45″ et la longitude de 58° 52′ 0″ dans une profondeur de 120 brasses (219 mètres), et ils sont arrivés pour cette seconde rupture aux mêmes conclusions que pour la première. Ils affirment qu'elle aussi a eu lieu dans un câble parfait, dont l'armature était entièrement saine, et qu'elle a été produite par une violente traction. En réparant la seconde fracture, on a enlevé environ 12 nœuds (22 kilomètres) de câble qui ont été examinés à bord du *Faraday* à Gravesend par sir William Thomson et M. Bramwell. Ils étaient enroulés et formaient quatre couches dont la couche supérieure seule était visible. Celle-ci a été examinée minutieusement et trouvée en parfait état, sans aucune trace de détérioration ni dans l'armature ni dans les parties intérieures. Sauf l'absence de l'enduit blanc dont on revêt les câbles nouvellement fabriqués pour empêcher que les hélices n'adhèrent l'une à l'autre, il eût été impossible de reconnaître qu'il ne s'agissait pas d'un câble entièrement neuf, enroulé pour la première fois dans son réservoir. Les quelques tours du bout montraient seulement une légère usure provenant du frottement sur le fond de la mer au moment du relèvement. Vu ce parfait état de la couche supérieure, il n'a pas paru nécessaire de dérouler entièrement les 12 nœuds pour les examiner en détail. En se plaçant au centre des bobines, on pouvait voir au moins les hélices centrales des couches inférieures, et celles-ci présentaient le même aspect satisfaisant.

On a fait ensuite, dans les ateliers de MM. Brown, Lenox et Ce, des expériences pour déterminer la force de traction nécessaire pour opérer la rupture. Les résultats obtenus sur les spécimens soumis à cette opération ont montré que la résistance du câble contre une force agissant verticalement était de 7 tonnes. Sir William Thomson et M. Bramwell estiment que la condition du câble est au-dessus de tout éloge. Leurs expériences et leur examen les ont convaincus que le câble

est extrêmement solide, qu'il n'a souffert aucune détérioration pendant la période de près d'une année et demie qui s'est écoulée depuis sa pose, et que les fractures ont été causées violemment par un objet extérieur et non par le dépérissement, le frottement, les râclures ou autres influences de même nature. Dans toutes les parties recouvertes qui ont été examinées, la gutta-percha du câble était en parfaite condition. L'assistant de sir William Thomson, M. Bottomly, a examiné les 22 kilomètres qui étaient, à bord du *Faraday*, immergés dans de l'eau à 43° F. (6° centigrades) de température, et il a constaté un isolement de 4.340 meghoms par nœud. En réduisant ce chiffre à l'échelle usuelle pour la gutta-percha, on arrive à 383 meghoms par nœud à 75° F. (24° centigrades), ce qui prouve que, comme on pouvait, d'ailleurs, le prévoir, d'après l'excellente condition extérieure, il n'existe aucun défaut dans le câble.

Quant à la manière dont le câble a pu être rompu, le rapport ne donne pas de réponse décisive.

Le câble direct des États-Unis a été interrompu pour la troisième fois, le 23 janvier, à la latitude de 42° 45′ dans une profondeur de mer d'environ 100 brasses. Dans le courant du mois de février, le *Faraday* a aussi réparé cette rupture. Les deux bouts portaient les traces de 3 ou 4 coups de hache. Le câble aura probablement été accroché par une ancre ou un grappin qui l'aura relevé et aura été coupé alors.

Éclairage électrique.

Application de la machine Gramme à l'éclairage industriel.

L'éclairage des usines, ateliers, manufactures et en général des grands emplacements par l'électricité, aussi bien à l'intérieur des bâtiments que dans les cours, les chantiers, les quais de manutention à découvert, est aujourd'hui un problème pratiquement résolu. Et cet éclairage convient nonseulement aux locaux disposés en vue de son application ou à des travaux spéciaux et exceptionnels, mais il peut être

utilisé d'une manière générale sans qu'il soit besoin de rien changer dans la distribution des pièces à éclairer.

Déjà, plusieurs installations très-dissemblables ont été faites et les appareils qni les composent fonctionnent depuis quelques mois à l'entière satisfaction des acquéreurs et de leurs ouvriers. D'autres applications sont en cours de montage et les nombreuses demandes adressées à l'inventeur nous font présumer que, dans un avenir prochain, tous les grands industriels se serviront de cette nouvelle et remarquable lumière.

L'avantage principal de l'éclairage électrique réside dans la création d'une clarté générale, d'un milieu lumineux permettant la surveillance et la circulation faciles. L'économie résultant de la différence de prix entre diverses sources de lumière, bien que considérable en faveur de l'électricité, n'est cependant que secondaire lorsqu'on tient compte du travail qui peut être produit en supplément grâce à un bon éclairage. On peut avec l'électricité travailler la nuit comme en plein jour, les couleurs conservent leurs valeurs réelles, les risques d'incendie sont supprimés, l'altération des plafonds et des murs par le noir de fumée n'a pas lieu, la vue enfin est moins fatiguée lorsque la clarté est diffuse et générale que lorsque certains points seulement sont éclairés et que les autres parties du local sont dans l'ombre. Cette assertion est contraire aux idées communément admises, mais elle a été cependant prouvée par des expériences tout à fait concluantes.

C'est avec la machine magnéto-électrique de M. Gramme, dont nous avons souvent entretenu nos lecteurs, que la solution pratique de l'éclairage électrique a été réalisée. Les régulateurs le plus souvent employés sont ceux de M. Serrin; les baguettes de carbone entre lesquelles se produit l'arc voltaïque, ou pour mieux dire le foyer lumineux, sont fabriquées avec les dépôts de graphites qui se forment dans les cornues à gaz. L'installation de toute une série d'appareils n'exige que quelques heures, et après un apprentissage de deux ou trois jours un ouvrier peut conduire régulièrement les lampes et les machines. Aucune partie du mécanisme n'est sujette à des accidents; sur plus de trente appareils en fonctions, depuis

trois mois au moins, aucun n'a encore exigé un centime de réparation.

Voici quel est en ce moment le prix de revient de l'éclairage électrique comparé à celui du gaz.

L'unité de lumière est ordinairement le bec Carcel; nous n'avons aucune raison pour en prendre une autre, mais il est utile de bien spécifier ce qu'on entend par bec Carcel.

Une lampe Carcel, type normal, avec une flamme de 35 millimètres de hauteur et une dépense de 42 grammes d'huile épurée à l'huile, produit la lumière d'un bec.

Cette même lumière peut être obtenue par sept bougies stéariques brûlant chacune 10 grammes à l'heure, ou par 105 litres (en moyenne) de gaz dans un bec Benghel.

Lorsqu'on monte un éclairage électrique, il peut arriver deux cas : ou l'on possède déjà un moteur avec lequel il est facile de mettre les machines Gramme en mouvement, ou il faut installer une machine motrice avec les appareils électriques. Le premier cas étant le plus général, c'est celui que nous examinerons le premier.

Pour une production de 100 becs Carcel, il faut compter sur 80 kilogrammètres de force motrice, en marche courante, mais à l'allumage pendant quelques minutes, jusqu'à ce que les deux pointes de baguettes de carbone aient pris leur écartement normal, le travail absorbé est beaucoup plus considérable. On peut facilement le supposer de 200 kilogrammètres. En moyenne le travail total ne dépasse, en aucun cas, un kilogrammètre par bec (1).

Les baguettes de carbone coûtent, en ce moment, 1f,60 le mètre, quelle qu'en soit la section; mais il n'est pas douteux que ce prix diminuera notablement lorsqu'on les taillera mécaniquement au lieu de les tailler à la main, ou qu'on fera des baguettes avec du carbone aggloméré au lieu d'employer les dépôts de cornues à gaz.

Lorsque les dimensions des conducteurs métalliques reliant les machines aux lampes ont été bien calculées, et lorsque la vitesse des machines est très-régulière, on use par heure

(*) Nous prenons 1 kilogrammètre par bec pour faciliter nos calculs, bien que nous sachions que ce chiffre est exagéré.

$0^{m},060$ de baguette de carbone d'une section de $0^{m},009$ sur $0^{m},009$. Avec les déchets, il faut admettre au maximum une consommation de $0^{m},080$ par heure et par lampe.

En admettant, comme cela a lieu dans plusieurs installations, 4 machines de 100 becs actionnées par une partie de la force d'un puissant moteur, la dépense de combustible ne dépasse pas 2 kilogrammes par force de cheval et par heure; ce qui, pour 400 kilogrammètres ou 5 chevaux et demi, correspond à 11 kilogrammes de charbon.

Ainsi une lumière électrique équivalente à 400 becs Carcel occasionne par heure une dépense de $0^{m},32$ de baguettes en carbone à $1^{f},60$ le mètre et 11 kilogrammes de charbon à $0^{f},03$ environ le kilogramme, c'est-à-dire en totalité $0^{f},88$.

Pour produire la même lumière avec du gaz d'éclairage (en prenant pour base le prix du mètre cube à Paris), il faudrait dépenser $400 \times 0,105 = 42$ mètres cubes à $0^{f},30$, soit $12^{f},60$. Le rapport entre le prix des deux lumières est donc de 1 à 14. En admettant que, par économie, on n'ait mis que 100 becs de gaz, on aurait eu quatre fois moins de lumière tout en dépensant trois fois et demie autant.

Si aucun éclairage n'existe lorsqu'on installe l'électricité, il n'y a pas lieu de tenir compte, dans le rapport des prix, de l'amortissement du capital, car, à lumière égale, il est plus économique d'installer l'électricité que le gaz; mais, si l'on se trouve en présence du gaz déjà installé, il faut tout naturellement augmenter le prix de revient de la lumière électrique des frais d'amortissement du capital engagé réparti sur un certain nombre d'heures de veillée.

En moyenne on ne veille guère que 1.000 heures par an, et comme la fourniture complète d'un éclairage de 400 becs coûte au maximum 10.000 francs, l'amortissement annuel d'un dixième augmente le prix de la lumière de 1 franc par heure. Le prix total est alors de $1^{f},88$ à l'heure, et le rapport avec le gaz se trouve réduit de 1 à 6. Ce qui, on en conviendra, est déjà un assez beau résultat.

Dans le cas où il n'existe pas de moteur, la dépense de charbon croît sensiblement, car il faut alors installer une petite machine, et chacun sait qu'une machine de faible puissance brûle beaucoup plus qu'une grande; le chiffre de 2 kilogammes

par force de cheval et par heure peut facilement être doublé; le prix de revient, sans amortissement, devient 1f,17 l'heure, et le rapport avec le gaz devient 1 à 10.

Avec l'amortissement annuel, l'augmentation du prix du matériel donne une dépense totale de 2f,70 à 3f,20 l'heure, chauffeur compris, et le rapport avec le gaz devient 1 à 4.

Il peut être intéressant, dans quelques cas particuliers, d'employer un moteur à gaz Otto et Langen, pour actionner une machine Gramme, la dépense croît naturellement dans une grande proportion sans cependant atteindre celle du gaz d'éclairage.

Le moteur Otto et Langen dépense 1 mètre cube de gaz à l'heure pour 75 kilogrammètres, et 5m,50 pour 400 kilogrammètres; à 0f,30, cela fait 1f,65 l'heure. En ajoutant le prix des baguettes de carbone, nous arrivons au total de 2f,16 et au rapport avec le gaz de 1 à 6.

L'amortissement annuel porte la dépense à 4 francs et le rapport avec le gaz de 1 à 3. C'est là le cas le plus défavorable.

Nous venons d'établir, avec beaucoup de détails, la comparaison entre les deux systèmes d'éclairage au point de vue de la dépense, mais nous répétons que l'économie résultant de l'emploi de l'électricité n'est qu'un seul de ses côtés avantageux. Notre but, en groupant tous ces chiffres, a surtout été de répondre aux nombreuses demandes qu'on nous a adressées depuis deux ans et qu'on nous adresse encore chaque jour.

Pour donner une idée de la variété des applications de la machine Gramme à l'éclairage et de la possibilité d'en étendre presque indéfiniment le domaine, nous allons citer les principales installations et résumer les conditions spéciales de quatre d'entre elles.

L'année dernière il n'existait guère que l'atelier de M. Gramme et la fonderie Ducommun éclairés par l'électricité. Aujourd'hui le même éclairage existe chez M. Pouyer-Quertier à l'Ile-Dieu, chez M. Bréguet à Paris, sur le port de la sucrerie de Sermaize, dans les ateliers de MM. Sautter-Lemonnier et Cie à Paris, aux forges de Bességes, sur le théâtre de l'Opéra de Vienne (Autriche), dans une fabrique de produits alimentaires à Sidney, etc., etc. On l'installe chez MM. Mignon et Rouart à Paris,

au Val d'Osne, à la fonderie de Fumel, chez M. Menier à Noisiel, chez M. Garnier à Lyon, à la gare du chemin de fer du Nord à Paris et dans plusieurs usines en France et à l'étranger. Sept machines sont installées en Russie, six en Espagne, cinq en Autriche-Hongrie, quatre en Italie, six en Angleterre, trois en Portugal, quatre dans l'Amérique du Sud, etc.

La marine française vient de commander deux très-puissantes machines ; il y en a une à bord du navire anglais actuellement en expédition au pôle Nord, une à bord du navire russe le *Pierre-le-Grand* et sur le yacht du czar le *Livadia*, une sur le plus grand navire de la marine impériale d'Autriche, etc., etc.

On le voit, la lumière électrique fait son chemin, et, loin de se ralentir, les demandes, ainsi que nous le disions tout à l'heure, suivent une marche progressive très-accentuée.

Quelques détails précis sur quatre installations sont ici nécessaires pour bien faire comprendre le côté pratique de la question.

Nous avons déjà dit quelques mots de la fonderie de MM. Heilmann, Ducommun et Steinlen, de Mulhouse, et, comme c'est la deuxième année qu'elle est éclairée par des machines Gramme, c'est par elle que nous commencerons. Nous devons d'ailleurs cet honneur aux habiles constructeurs qui ont les premiers compris la valeur réelle de l'invention de M. Gramme et qui ont obligeamment fait visiter leur fonderie à toutes les personnes attirées par la nouveauté de l'éclairage.

La fonderie Ducommun est de construction récente, elle est bien disposée pour l'éclairage électrique quoique rien n'ait été approprié spécialement pour cela. (Le bâtiment était entièrement terminé lorsque les propriétaires eurent l'idée de l'éclairer au moyen de quatre machines Gramme et de quatre lampes Serrin.)

C'est une grande halle n'ayant ni mur de refend, ni cloison verticale. La longueur intérieure est de 56 mètres, la largeur totale de 28 mètres. Deux grands chariots roulants circulent automatiquement d'une extrémité à l'autre du bâtiment. A peu près à $5^m,50$ du sol, au même niveau que les chariots, règne sur les deux côtés un plancher de quelques mètres de largeur.

Les régulateurs Serrin sont disposés à 5 mètres du sol, leur écartement est de 21 mètres dans le sens de la longueur et de 14 mètres dans le sens de la largeur.

L'éclairage est général et d'une intensité constante ; à n'importe quel endroit du local, il est aisé de lire un écrit placé à distance normale des yeux; il n'y a pas ou presque pas d'ombre portée, grâce aux jets des croisés de lumière des quatre lampes.

La machine du type Sulzer qui donne le mouvement dépense au maximum $1^k,50$ de charbon par heure. Par contre, jusqu'à ces derniers temps, la dépense en baguettes de carbone, déchets compris, a été de $0^m,120$ par heure et par lampe ; ce n'est qu'à notre dernier voyage à Mulhouse que nous avons indiqué à MM. Heilmann, Ducommun et Steinlen les moyens de n'en brûler que $0^m,080$ à l'heure.

La vitesse des machines est d'environ 300 tours à la minute.

Le prix de revient de l'éclairage a été estimé par M. Heilmann, dans un rapport à la *Société industrielle de Mulhouse*, à $1^f,04$ l'heure, sans tenir compte de l'amortissement du capital engagé qu'il estime de la manière suivante :

Pour les quatre machines Gramme, les quatre lampes Serrin, le renvoi de vitesse et les frais d'installation, une dépense de 9.000 francs.

Plus, pour la part dans la valeur de la machine à vapeur et de la chaudière, 3.000 francs.

Sur les 12.000 francs de dépense totale, M. Heilmann admet une annuité de 15 p. 100 pour intérêts, dégrèvement, entretien et réglage des appareils. C'est donc une somme de 1.800 francs à reporter sur le nombre d'heures d'éclairage.

En admettant 900 heures de marche par an, le prix de revient de l'éclairage électrique serait de 3 francs par heur , tous frais payés.

Chez M. Pouyer-Quertier, à l'Ile-Dieu, c'est un atelier de tissage qui est éclairé par les machines Gramme et des régulateurs Serrin. La salle a environ 600 mètres de surface et seulement $4^m,20$ de hauteur. Elle contient 140 métiers et 22 poteaux sur deux lignes. L'installation comprend 4 machines de 100 becs et 8 lampes. L'éclairage est très-satisfaisant, les ba-

guettes de carbone des lampes ont seules laissé à désirer au début de la mise en route.

Ami de tous les progrès sérieux et cherchant à en devancer l'application chaque fois que cela est possible, M. Pouyer-Quertier ne s'est pas contenté de faire installer les nouveaux appareils, il a cherché à en tirer tout le parti possible. C'est ainsi qu'il vient de faire plafonner l'atelier en question, et qu'il se propose de placer les lampes en bas, en dissimulant complétement la vue des sources lumineuses pour n'éclairer que le plafond, lequel renverra dans toute la pièce une lumière diffuse. C'est là, croyons-nous, une excellente idée qui aura pour principal avantage de détruire les inconvénients dus à la faible hauteur des étages.

Les machines reçoivent leur mouvement de la force motrice de l'usine, c'est-à-dire d'une turbine et d'une machine Corliss conjuguées. La fraction de travail exigée pour la lumière est si faible, en comparaison de la grande puissance des moteurs, qu'elle peut être négligée dans le calcul du prix de revient. Tout se borne à une consommation de carbone, qui a été exagérée au début, et qui tend aujourd'hui à diminuer considérablement. La vitesse des machines est de 850 tours à la minute.

A Paris, nous conseillons aux industriels de visiter l'établissement de MM. Sautter-Lemonnier et Ce, les fabricants de phares si connus et si estimés. L'éclairage électrique est placé dans les ateliers d'ajustage et de chaudronnerie. Il ne se compose que de 3 machines de 100 becs et 3 lampes.

Une des lampes est du système Serrin, la deuxième du système Carré et la troisième du système Dubosc. Il y a là une belle étude comparative à faire sur laquelle nous reviendrons plus tard. Jusqu'à présent nous considérons la lampe de M. Serrin comme la seule réellement pratique et sûre.

Les ateliers se composent de deux travées de 20 mètres sur 30, ce qui produit une superficie totale de 1.200 mètres carrés. Un plancher à 5 mètres du sol règne au milieu des ateliers sur une étendue de 10 mètres sur 30. Un grand nombre d'outils produiraient des ombres portées sans le feu croisé des lampes. Il y a, au rez-de-chaussée : 12 tours, 7 raboteuses,

3 machines à percer, 2 fraiseuses, une mortaiseuse, une poinçonneuse, 6 forges, etc., etc.

Le personnel comprend 26 ajusteurs, 12 tourneurs ou raboteurs, 4 forgerons et 4 chaudronniers. Le local supérieur est occupé par des ajusteurs et des modeleurs. Aucun bec de gaz n'est allumé, pas plus en bas qu'en haut, et chacun y voit suffisamment pour son travail.

La dépense de carbone est de $0^{m},10$ par heure et par lampe, déchets compris. Une série d'expériences ont montré que l'on usait pour $0^{f},24$ de charbon par heure, en plus de ce qui est nécessaire à l'atelier, lorsqu'on éclairait par l'électricité au lieu d'éclairer par le gaz.

Le prix de revient de 300 becs Carcel ne dépasse donc pas $0^{f},48$ pour le carbone des lampes et $0^{f},24$ pour la force motrice. soit en tout $0^{f},72$ à l'heure. La vitesse des machines est de 800 tours à la minute.

Sur le port du canal à Sermaize, la lumière électrique permet le débarquement des bateaux de betteraves pour la sucrerie, comme en plein jour. Il y a là une remarquable application au double point de vue de l'économie dans la dépense et de la promptitude des manutentions.

Le travail rapide dans les sucreries est une question vitale et l'installation de l'électricité n'y occasionne presque aucuns frais vu la grande quantité de vapeur qu'on peut utiliser même après son usage dans un moteur. A Sermaize, on dépense environ $0^{m},10$ de carbone à l'heure. La vitesse de la machine est très-irrégulière, elle varie de 750 à 850 tours à la minute; cependant le directeur de la sucrerie nous écrit qu'il est excessivement content de son éclairage; que la machine de M. Gramme est la chose la plus utile et la plus admirable qu'il connaisse, et que l'économie réalisée par une seule machine est au moins de 10 francs par heure.

Nous terminons cette note en annonçant que de très-belles expériences viennent d'avoir lieu au mont Valérien avec une machine Gramme de 1.800 becs, et que les résultats observés sont de beaucoup supérieurs à tout ce qu'on a obtenu jusqu'à présent en France et à l'étranger.

Hippolyte FONTAINE (*Revue industrielle*).

Du Travail dépensé par les machines magnéto-électriques de M. Gramme

pour la production de la lumière.

Dans la séance de l'Académie du 31 janvier, M. Tresca rend compte des expériences faites récemment pour déterminer directement la quantité de travail dépensé pour la production de la lumière par les machines magnéto-électriques.

Les expériences ont porté sur deux types de générateur électro-magnétique de M. Gramme : une machine engendrant la lumière de 1.850 becs Carcel; une machine produisant la lumière de 300 becs (lampes électriques ordinaires). On s'est servi, pour l'essai, de dynamomètres perfectionnés et de photomètres excellents.

Voici brièvement les nombres résultant des expériences de décembre dernier :

1.850 becs Carcel exigent une consommation de $1.850 \times 0^{k},040$ d'huile, soit 71 kilog. d'huile par heure, ou de $1.850 \times 0^{mc},105$ de gaz, soit 194 mètres cubes de gaz d'éclairage, ou enfin $7,56 \times 4$ kilogrammes de houille, soit $30^{k},24$ de houille pour la machine électro-magnétique. (La lumière électrique correspondant à ces 1.850 becs ayant nécessité une dépense de force motrice de 7 chevaux-vapeur, 68.)

Dans ces conditions, la dépense en combustible pour l'éclairage électrique ne représente que la centième partie de la dépense en huile et la cinquantième partie de la dépense en gaz d'éclairage à Paris.

Si, au lieu de considérer la machine génératrice de 1.850 becs, on s'occupe de la machine génératrice à 300 becs, la comparaison devient moins avantageuse.

Chaque bec Carcel avec la grande machine n'exige, par seconde, que 0 kilogrammètre, 31 de travail moteur; avec la petite, le travail moteur s'élève à 0 kilogrammètre, 69. Il est double du précédent.

L'économie est, dans tous les cas, manifeste.....

On l'a bien jugé ainsi, même avant les expériences précises du savant sous-directeur du Conservatoire, puisque les applications de l'éclairage par la machine électro-magnétique se

multiplient tous les jours. Depuis plus d'une année, la fonderie de MM. Heilmann, Ducommun et Steiten, de Mulhouse, d'une superficie de 1.800 mètres carrés, est éclairée par quatre lampes de 100 becs, munies de verres dépolis. On lit très-facilement dans tous les points de l'atelier, et, d'après une indication faite à l'aide d'un indicateur de pression appliqué à la machine à vapeur, le travail dépensé pour chaque lampe et pour la partie de la transmission qui y correspond représente 1,65 de cheval-vapeur.

Les ateliers Sautter et Lemonnier n'emploient plus que la lumière électrique.

Les ateliers de M. Pouyer-Quertier sont éclairés avec le même succès par des lampes électriques. Les expériences entreprises récemment à la gare du Nord ont également été très-favorables au nouveau système d'éclairage.

Une lampe de 100 becs, pour éclairer un travailleur comme le ferait la lampe ordinaire à $0^m,50$ de distance, pourrait être placée à 5 mètres ; celle de 300 becs, à $8^m,70$; celle de 1.850 becs, à $21^m,50$. Les gros becs sont très-avantageux.

La dissémination produite par la lumière reçue sur les murs et sur les plafonds constitue, en dehors de l'action directe du foyer, un éclairage général tel qu'on peut lire facilement à ces distances indiquées, alors même que l'on maintiendrait le papier dans les zones d'ombre portées qui semblent plus obscures.

Le même résultat est obtenu encore plus sûrement au moyen de quelques lampes de moindre puissance. Les ombres de l'une sont alors effacées par la lumière des autres.

Dans les ateliers de M. Sautter, au champ de Mars, la superficie est de 1.200 mètres carrés; trois lampes de 100 becs, dont l'éclat est atténué par des globes en verre dépoli, répandent néanmoins sur tous les points où les ouvriers sont occupés, une lumière aussi favorable au travail que la lumière du jour.

On remarque bien encore certaines irrégularités dans l'éclairage; elles résultent de l'impureté des charbons; on parviendra à les éviter quand on aura un débouché suffisant. En ce moment les charbons de lampes ne sont pas fabriqués d'une

manière spéciale; on les prend dans le coke des fours à gaz; il est tout simple qu'ils manquent d'homogénéité.

On ne saurait estimer à moins de $0^m,010$ à $0^m,012$ la longueur des crayons de charbon brûlés par heure. Cette consommation ne se traduit certainement pas par une augmentation sensible dans la dépense ($0^f,20$ par bec et par heure); cependant elle deviendra suffisante pour qu'il soit nécessaire, à un moment donné, d'y pourvoir par des procédés mieux appropriés.

En somme, la lumière électrique est économique; sa puissance est considérable; intelligemment distribuée, elle peut être utilisée dans les grands ateliers. Elle a de plus l'avantage important de montrer les étoffes et les couleurs avec leur véritable teinte, comme la lumière du jour. Il semble que le temps est proche où l'on n'hésitera plus à l'employer pour l'éclairage des grandes salles et des places publiques.

De Parville (*Journal officiel*).

La durée des câbles.

On croit généralement que la durée d'un câble sous-marin est très-limitée, et qu'un placement de fonds sur une pareille propriété est une spéculation très-risquée. Les faits, consultés historiquement, tendent à confirmer ces présomptions. Tous les anciens câbles reliant nos côtes au continent, à l'Irlande, aux îles de la Manche, ont rapidement disparu. Un câble posé en 1852, un autre en 1854, entre Holyhead et Dublin, deux, en 1852 entre l'Écosse et l'Irlande, ont fait défaut complétement. Deux câbles ont été perdus en 1855, entre la Sardaigne et l'Afrique. Le premier câble entre Douvres et Calais n'a duré qu'un jour. Le câble de Crimée n'a duré que neuf mois. Le premier câble transatlantique n'est demeuré intact que vingt-trois jours. Le câble de 1858 reliant les îles de la Manche a fait trois ans. Le câble posé en 1859 dans la mer Rouge n'a résisté que pendant six mois. D'autre part, un grand nombre de câbles actuellement subsistants ont une durée qui varie de vingt ans à vingt mois. Celui de Douvres à Calais, posé en 1851, ce-

lui de Douvres à Ostende, posé en 1853, continuent de fonctionner, mais il ne reste que peu ou rien du câble primitif. Le câble qui, depuis 1858, relie l'Angleterre à la Hollande est aussi bon que le premier jour. Celui du Hanovre, au contraire, posé à la même époque que le précédent, n'a duré que quatre ans.

L'existence de tous ces câbles a été si capricieuse qu'il y a lieu de rechercher la cause de l'irrégularité de leur durée. Tant de câbles ont fait défaut, tant d'autres ont résisté, qu'il a été possible de recueillir un nombre de faits suffisant pour constituer la base d'une généralisation : ici les leçons de l'expérience ne font pas défaut. Le matériel employé à la confection des câbles, le mode de transformation de ce matériel en câbles, la pose de ceux-ci, les fonds sur lesquels ils reposent comportent actuellement des épreuves assez complètes pour justifier l'établissement de quelques notions sur la durée des câbles futurs.

Rien jusqu'ici ne tend à faire prévoir que la principale matière en usage, la gutta-percha ou le caoutchouc, soit destructible. Si l'on soustrait ces substances à l'action de l'oxygène et aux conditions variables de la température et du climat, on trouve que cette matière est assez solide pour que le temps ne puisse l'user. On ignore quelle action les courants électriques exercent sur les câbles, mais l'expérience justifie l'opinion que cette action, quelle qu'elle soit, est, en réalité, inoffensive. En effet, dans les mers profondes, l'isolement du fil entouré de gutta-percha devient plus parfait. La section de Suez à Aden du câble indien, immergée dans des eaux relativement chaudes, a, depuis son immersion acquis un isolement d'au moins 38 p. 100 plus grand qu'à l'origine. Beaucoup d'autres câbles en eaux profondes ont augmenté en isolement de 45 à 77 p. 100 tout en étant de la même qualité que le câble indien.

Mais la durée d'un câble ne dépend pas toujours de celle de son âme ; elle dépend plutôt de celle de son revêtement, et plus encore de la nature du fond sur lequel il repose. Les câbles qui ont fait défaut n'avaient pas un revêtement approprié à la nature du milieu où ils avaient été posés. Des câbles pesants étaient filés dans des eaux profondes ;

des câbles légers dans des eaux peu profondes ; des mouillages durs n'étaient traversés que par des fils sans ténacité ; des fonds rocheux escarpés et des lits tourmentés par la marée ne l'étaient que par de minces cordages. C'est à peine encore si l'on donne une attention assez grande à ce fait que le revêtement et la structure d'un câble doivent être choisis suivant le lit qui doit le recevoir. Un câble est projeté devant relier un point à un autre : on se contente d'un examen superficiel de la profondeur de l'eau et de la nature du terrain. On fabrique tant de milles de câble d'eau profonde et tant de milles de câble d'atterrissement. On y ajoute quelquefois une dimension ou des dimensions intermédiaires ; mais jamais encore un câble n'a été construit dans les conditions propres au fond auquel il est destiné. De lourds câbles d'atterrissement reposent inutilement sur des fonds unis et sans danger ; des portions de câbles légers traversent des régions dangereuses et pleines d'aspérités. Les grandes leçons données par l'expérience sont les suivantes : les câbles doivent être spécialement construits pour les diverses portions de mer à traverser, et une plus grande attention doit être donnée à l'étude sérieuse de la nature du fond.

La durée d'un câble ne dépend pas de celle de la substance dont il se compose, mais des qualités spéciales des parties de sa construction destinées à résister aux puissants agents de destruction qu'il rencontrera précisément dans le milieu qu'il doit occuper. En outre, il n'est pas à l'abri de l'attaque de certains insectes et d'autres ennemis. L'expérience semble assigner une durée de quinze ans, en moyenne, aux câbles d'autrefois ; mais si les leçons de la pratique sont étudiées avec soin, il n'y a pas de raison pour que cette période ne soit pas doublée ou même triplée pour les câbles qui subsistent. Et il est possible de construire, poser et entretenir des câbles de telle sorte qu'en réalité leur durée n'ait point de terme.

(*The Telegraphic Journal.*)

BULLETIN ADMINISTRATIF.

PERSONNEL.

Promotions.

Chefs de station de 1re classe.

MM. Savin.
Frétard d'Écoyeux.

M. Lemire.

Chefs de station de 2e classe.

MM. Naudin.
Fontbonne.
Gay.
Richard.
Laurent.
Soudin.
Berry.
De Carré-Trécesson.
Normandin.
De Montcabrié.
Astrié.
Spetz.

MM. Brusson.
Lacroix.
Donné.
Galon.
Martin.
George.
Leroy.
Garnier.
Just.
Lebourdais.
De Chauvillerain.
Menut.

Commis principaux.

MM.	MM.	MM.	MM.
Lefilleul.	Baudouin.	Marc.	Sauvage.
Candas.	Winterer.	Genet.	Ragot.
Muzac.	Cartier.	Franchet.	Beaufils.
Bazoche.	Alexis.	Greslé.	Jacot.
Debrun.	Drago.	Dassier.	Raisonnier.
Cavalier.	Couvelart.	Loisel.	Malot.
Husson.	De Peyrelongue	Lacroix.	Mahaut.

Employés de 1re classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Grassat.	Dalleu.	Valet.	Letourneulx.
Blot.	Decourtye.	Coulon.	Peize.
Vallée.	Pabot-Chatelard.	Fauquignon.	Granet.

MM
Bérard.
Roussy.
Ramart.
Frère.
Boivin.
Derolin.
Mengin.
Malet.
Lalande.
Guillaumot.
Charlet.

MM.
Quesney.
Routis.
Du Bouëtiez de Kérorguen.
Couturier.
Méda.
Siry.
Faugle.
Camus.
Maymard.

MM.
Vallon.
Beaugrand.
De Raffin de la Raffinie.
Collet.
Bardon.
Decamp.
Colomb.
Lerasle.
Marmagne.

MM.
Prentout.
Baud.
Rousset.
Fleury.
Coyne.
Dumas.
Morel.
Cuvillier.
Lourme.
Simon.

Employés de 2e classe.

MM.
Fauvez.
Donneaud.
Charaix.
Hérouard.
Fournier.
Mars-Larivière.
Trévedy.
Giboz.
Sendrès.
Bianchi.
Le Borgne.
Bousquet.
Deschamps.
De Roffignac.
Adine.
Larzillière.
Petit.
Adelaine.

MM.
Delacour.
Cousin.
Jacquin.
Fradet.
Cammas.
Fontaine.
De Saintignon.
Mieusset.
Bonnaud.
Connot.
Guyot.
Corroy.
Bettinger.
Thiriat.
Barbier.
Loriot de Rouvray.
Hubler.
Cantaloup.

MM.
Danty-Labernade.
Lahutte.
Rivière.
Hemmerlé.
De Villars.
Guiraud.
Fourcade dit Gaillet.
Lheureux.
Juvenneton.
Lévy.
Paulliac.
Marcilèse.
Pelletier.
Balthazard.
Bocq.
Lefèvre.
Perrault.
Giroux.

MM.
Bertruc.
Boguet.
Moebs.
Treich.
Gin.
Lehut.
Richard.
Marcel.
Largouet.
Miélet.
Laffargue.
Pierson.
Périn.
Aymerich.
Buisson.
Brocklé.
Regnault.

Employés de 3e classe.

MM.
Lestre.
Chervet.
Truguet
Pinard.
Verlhac.
Warmé.
Beuzit.
Gros.
Seilhan.
Darroze.
Balestas.
Duverdier de Seze.
Girard.

MM.
Gabis.
Caubet.
Marquiset.
Houy.
De Boissonneaux de Chevigny.
Loviat.
Vuillemin.
Forgues.
Dablemont.
Mantey.
Gillet.
Raveau.

MM.
Paul.
Warambourg.
Morenvillé.
Fouquier.
Broglie.
Laugier.
Pastrie.
Boscher.
Marguerith-Dupré.
Dupré.
Paux.
Xambeu.
Ferry.

MM.
Charlet.
Roch.
Montagnac.
Sentenac.
Moreux.
Arnauné.
Fossier.
Cornet.
Serres.
Simonin.
Pauze.
Boutet.
Ternisien.

MM.	MM.	MM.	MM.
Henry.	Manaut.	Baud.	Rebont.
Depierre.	Ehret.	Kuntz.	Lacoste.
Quignon.	Archen.	Renoux.	Tant.
Millo.	Laporte.	Révelart.	Xiffre.
Géraud.	Le Landais.	Simon.	

Employés de 4e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Drouin.	Bosc.	Marcoux.	Floret.
Pitat.	Devismes.	Latour.	Collin.
Austry.	Leroux.	Caillet.	Riffart.
Causse.	Boubertie.	Leclaire.	Bouniol.
De Dalmas.	Caron.	Irisson.	Sabouraud.
Terrasson.	Vandange.	Quilichini.	Michel.
Mercadier.	Ronoron.	Assier.	Deydier.
Convers.	Menard.	Buache.	Redon.
Schmidt.	Collet.	Ferré.	Houîn.
Fontaine.	Ysart.	Bourgois.	Mallet de Vandègre.

Employés de 5e classe.

MM.	MM.	MM.	MM.
Tirmont.	Chevrolais.	Priser.	Lamblin.
Collet.	Mathieu.	Sacré.	Petit-Devoize.
Monget.	Pierret.	Vidal de Lirac.	Terrin.
Conge.	Nouel.	Éméric.	Guasson.
Silvestre.	Poirier.	Lecorguillet.	Martin.
Vacher.	Beluze.	Nougarède.	Piedevache.
Sebire.	Doumayrou.	Dubail.	Establet.
Rosset.	Noury.	Picard.	Sirey.
Chardenot.	Cochot.	Tournier.	Devin.
Hébrard.	Riou.	Niclause.	Tétrel.
Briand.	Moulut.		

Mutations.

1° *En France.*

MM.			
Vasseur.	Inspecteur	d'Évreux	à Boulogne-sur-Mer.
Maingard	Sous-inspecteur	de Brest.	à Bourg.
Gaillard.	Id.	de Lille	à Paris.
Brassart.	Direct. de Transmiss.	de Vesoul.	à Arras.
Dorgebray.	Id.	d'Albi	à Vesoul.
Lambrigot.	Chef de station	de Paris.	à Albi.
Berteloot	Id.	de Douai	à Évreux.
Dehorter.	Id.	d'Abbeville	à Hazebrouck.
Vandesmet	Id.	de Paris.	à Douai.
Normandin	Id.	de Louviers.	à Paris.
De Langalerie.	Commis. principal.	de Rouen	à Cherbourg.

2° Entre la France et les colonies.

MM.			
Cheylus	Inspecteur	d'Algérie	à Évreux.
Robert	Id.	de Boulogne-s.-Mer.	à Alger.
Gallet	Chef de station	de Paris	en Algérie.
Vérité	Employé	Id.	Id.
Damin	Id.	Id.	Id.
Duron	Id.	Id.	Id.
Millie	Id.	de Saint-Chamas	Id.
Ali-bel-Adjer	Id.	d'Algérie	à Marseille.
Piot	Id.	Id.	à Lille.
Lapoujade	Id.	Id.	à Limoges.
Fougeron	Id.	Id.	à Lons-le-Saulnier.
Casale	Id.	Id.	à Aix.
Perrot	Id.	de Cochinchine	à Paris.
Besson	Id.	Id.	Id.
Sainte-Marie-Pricot	Id.	du Sénégal	à Lyon.
Savin	Id.	de Paris	à la Nouv^{lle}-Caléd.
Santiaggi	Id.	Id.	Id.

Légion d'honneur.

Par décret en date du 7 mars 1876, le Président de la République, sur le rapport du ministre de la guerre, a nommé au *grade de chevalier :*

Service de la télégraphie. — Lejeune (Louis-Joseph-Sabin), employé de 1re classe, quinze ans de service, une campagne. Services exceptionnels rendus près de la commission d'expériences d'artillerie à Calais.

3448 Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière et Ce, rue Racine, 26.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1876 Mai-Juin

REVUE

DES APPAREILS ÉLECTRIQUES

EMPLOYÉS

DANS L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS.

(2e article) (*).

Indicateurs généraux. — Les indicateurs spéciaux, dont la description termine notre premier article, ne sont pas les seuls appareils employés pour signaler la marche des trains : il en est d'autres qui, au lieu de desservir uniquement, comme les premiers, un petit nombre de points singuliers de la voie, servent de base même à l'exploitation de certaines fractions de réseaux où l'activité du trafic a pris un développement exceptionnel ; nous les appellerons, pour cette raison, *indicateurs généraux.*

(*) Voir le numéro de mars-avril 1875.

Ces appareils permettent d'abandonner le mode d'exploitation dit chronométrique généralement adopté, et d'employer la distance au lieu du temps pour régler l'espacement des trains. Au lieu de se borner, comme on le fait dans le système chronométrique, à fixer l'intervalle de temps qui, au départ d'une gare quelconque, doit séparer deux trains consécutifs marchant dans le même sens (10 minutes ordinairement pour les trains de même vitesse), on divise la partie du réseau à exploiter en sections AB, BC, CD, etc., dont les longueurs sont déterminées par les exigences du trafic, et l'on applique d'une manière absolue cette règle fondamentale que, dans une section quelconque, il ne doit jamais y avoir deux trains engagés simultanément sur la même voie.

La prescription de fermer, au moyen de disques ou signaux de distance, toute section sur laquelle circule un train, a fait appeler en Angleterre ce mode d'exploitation *Block System;* en France on le désigne ordinairement sous le nom de système d'exploitation par sections, ou quelquefois simplement de système kilométrique par opposition à la qualification de chronométrique donnée au système ancien.

Si l'on compare ces deux systèmes d'exploitation, on voit que, par lui-même, le système chronométrique ne se préoccupe d'établir une distance convenable entre les trains qu'à leur départ des gares; qu'il ne prévoit nullement les ralentissements ou les arrêts que des accidents ou des causes imprévues peuvent occasionner ensuite, et qu'il est loin, en outre, d'avoir la flexibilité nécessaire pour se prêter facilement à l'augmentation du nombre des trains, lorsque le trafic est considérable.

Le système kilométrique, au contraire, lorsqu'il fonctionne régulièrement, supprime d'une manière absolue

toute possibilité de collision entre les trains en marche puisque, d'après son principe même, deux trains ne peuvent jamais être engagés simultanément sur la même voie dans la même section; et l'élément variable qu'il possède (les longueurs des sections) permet de le mettre en rapport aussi exact que possible avec les exigences du trafic, jusqu'au rendement maximum de la voie.

Le mode d'exploitation par section ou *Block System* est donc préférable au système chronométrique, au double point de vue de l'activité et de la sécurité de l'exploitation, surtout lorsque le trafic dépasse une certaine limite.

Pour appliquer le *Block System*, il faut que les signaux de distance placés aux extrémités de chaque section indiquent l'état de la voie qu'ils desservent; qu'ils soient à l'arrêt lorsque cette voie est occupée et à voie libre lorsque aucun train n'y est engagé; il est donc nécessaire que les agents puissent se signaler réciproquement le passage des trains, c'est-à-dire que les extrémités de chaque section soient reliées télégraphiquement.

On pourrait, en principe, signaler ce passage des trains au moyen d'un système télégraphique quelconque; cependant aucune compagnie n'emploie dans ce but les appareils utilisés pour la correspondance ordinaire, malgré les services qu'ils rendraient en cas d'accidents : toutes se servent uniformément d'appareils particuliers, indiquant par un signal unique si la voie est libre ou occupée. Cette préférence est motivée sur ce que ces appareils permettent de signaler plus rapidement le passage des trains, et sur ce qu'ils sont assez simples pour que, sans avoir à redouter des erreurs qui amèneraient les accidents les plus graves, tous leurs agents puissent immédiatement les manœuvrer.

Si l'on veut enfin donner au système d'exploitation par section sa pleine efficacité, c'est-à-dire faire en sorte qu'aucun train ne soit jamais arrêté sans motif à l'entrée d'une section, il faut évidemment que le signal qui annonce la sortie des trains puisse être transmis au moment même où ces trains ont franchi l'extrémité de la section ; il est donc indispensable que le fil conducteur par lequel ces signaux s'échangent soit toujours libre, c'est-à-dire qu'il ne soit affecté à aucun autre service.

Appareil Tyer. — Le *Block System* a été appliqué pour la première fois en France par la compagnie de Lyon. L'appareil qu'elle a adopté dès l'origine et qu'elle emploie maintenant encore, a été imaginé par M. Tyer, ingénieur anglais : il comprend, en chaque poste et pour chaque section à desservir, un manipulateur et un récepteur dont les principes ont servi de base à l'indicateur pour passage à niveau que nous avons précédemment décrit.

Récepteur. — En B, le récepteur destiné à desservir la section BC consiste en deux bobines d'électro-aimant D et G (Pl. 1), qui communiquent toutes deux par une de leurs extrémités avec le manipulateur, comme il sera indiqué plus loin, et par l'autre avec la terre par l'intermédiaire d'une sonnerie à trembleur T. Chacune de ces bobines porte l'indication de la voie gauche ou droite qu'elle doit desservir, et elle est placée au-dessus de l'axe d'un aimant naturel en fer à cheval dont les pôles N, S, N_1, S_1, viennent affleurer la surface extérieure de la platine de l'appareil en regard des indications : *occupée*, *libre;* enfin son fer doux central porte, à son extrémité antérieure, une légère aiguille *d*, *g*, également en fer doux, qui oscille librement entre les pôles de l'aimant correspondant.

Le récepteur placé en C, pour desservir la même section BC, ne diffère du récepteur de B que par l'inversion des indications *voie droite*, *voie gauche*, résultant de ce que le sens des deux voies change suivant qu'on les considère de B vers C ou de C vers B, et par l'inversion correspondante des aimants naturels placés au-dessous des bobines.

Manipulateur. — Le manipulateur est identique en B et en C : il consiste en deux boutons MM' qui permettent de presser sur deux tiges à ressort ; ces tiges sont terminées par deux rectangles isolés RR_1, $R'R_1'$, placés en regard d'un système de sept lames métalliques *m*, *n*, *o*, *l*, *p*, *q*, *r*, dont ils doivent faire varier les communications.

La lame médiane *l* est reliée au fil de ligne L par sa partie inférieure et, lorsque aucun des boutons M, M' n'agit sur sa partie supérieure, elle appuie sur une vis V qui communique avec la bobine voie gauche G.

Quant aux six autres lames, elles sont reliées deux à deux par des bandes métalliques horizontales, comme l'indique la figure et communiquent, savoir : les deux lames extrêmes *m* et *r* avec la bobine voie droite D, puis, en alternant, les lames *n* et *p* avec le pôle cuivre, les lames *o* et *q* avec le pôle zinc de la pile.

Lorsqu'on presse sur le bouton de droite M' de l'appareil B, les rectangles $R'R_1'$ viennent agir sur les lames *l*, *p*, *q*, *r* : R', en appuyant sur *l* et *p*, isole *l* de la vis V et par suite de la bobine voie gauche G, en même temps qu'il met le pôle cuivre de la pile en communication avec la ligne, tandis que R_1' en appuyant sur *q* et *r* met le pôle zinc à la terre par l'intermédiaire de la bobine voie droite D et de la sonnerie T.

Le circuit de la pile P est ainsi fermé : le courant

négatif envoyé dans la bobine D développe un pôle nord dans l'aiguille *d* qui, attirée par le pôle sud S_1 et repoussée par le pôle nord N_1 de l'aimant naturel correspondant, reste ou vient se placer sur l'indication *voie libre;* le courant positif envoyé par la ligne L dans la bobine voie gauche G′ du poste C, développe un pôle sud dans l'aiguille *g′* qui, sous l'action des pôles de l'aimant naturel $N_1' S_1'$, demeure ou vient se placer également sur l'indication *voie libre.*

On verrait de même qu'en pressant sur le bouton de gauche M de B, on envoie un courant positif dans la bobine D et un courant négatif dans la bobine G′, c'est-à-dire qu'on développe un pôle sud dans l'aiguille *d*, un pôle nord dans l'aiguille *g′*, et que ces deux aiguilles, sous l'action concordante des pôles des aimants naturels correspondants, s'inclinent toutes deux sur l'indication *voie occupée.*

Les boutons du manipulateur du poste C déterminent l'émission de courants analogues dans les récepteurs de C et de B, de manière que, suivant qu'on presse sur le bouton M_1' ou sur le bouton M_1, les aiguilles *g* et *d′* se placent sur l'indication *voie libre* ou sur l'indication *voie occupée.*

D'ailleurs, toute pression exercée sur un bouton fait tinter les deux sonneries T et T′, qui préviennent ainsi les agents du poste de départ et du poste d'arrivée de l'envoi du signal.

Manœuvre de l'appareil : départ d'un train, les deux voies étant libres. — Il est facile maintenant de comprendre comment on emploie l'appareil Tyer pour signaler la marche des trains entre deux points B et C.

Supposons d'abord qu'aucun train ne circule sur les deux voies qui relient ces points, et qu'en conséquence

les aiguilles indicatrices des récepteurs soient toutes sur *voie libre.*

Si un train part de B se dirigeant vers C, l'agent de B commence par couvrir ce train en arrière au moyen du signal de distance mis à sa disposition, de manière à arrêter tout nouveau train qui se présenterait pour s'engager sur la section BC, puis il presse sur le bouton de son appareil vers lequel l'aiguille voie droite est inclinée (bouton M′) ; il envoie ainsi un courant d'avertissement qui fait tinter les sonneries sans déplacer aucune aiguille.

L'agent de C est ainsi prévenu qu'un train part de B, et il accuse réception de cet avis en pressant sur le bouton de gauche M_1 de son appareil, ce qui fait tinter les sonneries et place les deux aiguilles d' et g sur *voie occupée.*

Les aiguilles indiquent donc aux deux postes B et C qu'un train circule sur la voie montante et l'appareil de B notamment, indiquant *voie gauche occupée*, prévient l'agent de ce poste que son disque d'amont doit être maintenu à l'arrêt.

Lorsque le train signalé passe en C, l'agent de C met à l'arrêt le signal de distance qui commande la voie sur laquelle le train s'engage, et annonce ce train au poste suivant comme nous l'avons indiqué précédemment : puis il prévient B de son arrivée en pressant sur le bouton M_1' : cette pression ramène sur voie libre les aiguilles d' et g qui avaient été inclinées sur *voie occupée* et fait tinter en même temps les sonneries T et T′, prévenant ainsi que la voie montante est libre de B à C et qu'on doit modifier en conséquence la position du disque qui la couvrait en B.

Départ d'un train sur une voie, l'autre voie étant

occupée. — Si, au moment où le train part de B, la voie descendante est occupée par un train en marche de C vers B, auquel cas les aiguilles d et g' sont inclinées sur *voie occupée*, l'agent de B signale toujours le départ du train en pressant sur le bouton vers lequel l'aiguille *voie droite* de son récepteur est inclinée, c'est-à-dire cette fois, sur le bouton M et non plus sur le bouton M'.

Il est facile de voir en effet que, pour envoyer à C un courant d'avertissement qui, comme dans le premier cas, fasse tinter les sonneries T et T' sans déplacer aucune aiguille, il faut agir sur le bouton M et non sur le bouton M', qui remettrait à *voie libre* les aiguilles d et g' correspondant à la voie sur laquelle marche le train parti de C.

L'agent de C accuse du reste réception de cet avis en pressant sur son bouton de gauche M_1, et l'on annonce la sortie de chaque train comme lorsque les deux voies sont libres.

Postes intermédiaires. — Tous les postes intermédiaires d'une section desservie par le système Tyer ont deux appareils en service : l'un pour correspondre avec le poste qui précède, et l'autre pour correspondre avec le poste qui suit. Ces deux appareils sont ordinairement juxtaposés dans une même boîte, comme il est indiqué planche 1.

Chaque disque ou signal de distance doit toujours répéter les indications de l'appareil Tyer auquel il correspond ; il n'y a d'exception que pour ceux qui sont placés à l'entrée des gares dont les voies sont occupées par une manœuvre ; dans ce cas, le disque qui couvre la voie occupée est mis à l'arrêt, et l'on a soin de ne le remettre à voie libre, lorsque la manœuvre est terminée, que si l'appareil Tyer indique que la voie est libre. Cette

manière d'opérer suffit pour la pratique de l'exploitation.

Emploi de l'appareil Tyer. — La compagnie de Paris-Lyon-Méditerrannée a utilisé d'abord l'appareil Tyer pour exploiter par sections la partie comprise entre Paris et Moret qui, commune aux deux grandes lignes de Lyon et du Bourbonnais, doit suffire en outre à la circulation des trains de banlieue.

Elle l'a appliqué ensuite entre Darcey et Dijon, où les longues et fortes rampes au moyen desquelles la voie franchit la ligne de faîte qui sépare les bassins de la Seine et de la Saône ralentissent la marche des trains, nécessitent l'emploi de nombreuses machines de renfort qu'il faut ramener au dépôt, et exigent par suite, pour ne pas constituer une entrave à l'exploitation, que machines et trains puissent se suivre à très-faibles distances.

Elle l'a placé encore aux extrémités de ses longs tunnels, pour que deux trains n'y soient jamais engagés simultanément sur la même voie.

Enfin elle a successivement étendu son emploi de manière à en avoir en ce moment 135 en service, parmi lesquels 109 placés sur la grande ligne de Paris à Marseille et 12 sur le chemin de Lyon à Saint-Étienne permettent d'exploiter par sections les parties comprises entre Paris et Moret, Darcey et Dijon, Mâcon et Tarascon, le Pas-des-Lanciers et Marseille, Terre-Noire et Givors, c'est-à-dire une longueur de 472 kilomètres.

Cet appareil a en outre été adopté par le chemin de ceinture, qui exploite par sections sa ligne principale entre les gares de la Râpée-Bercy et de Courcelles-Ceinture, ainsi que par la compagnie de l'Ouest pour le chemin de Paris à Auteuil et pour une partie de la ligne de Paris à Saint-Germain.

Appareil Régnault (pl. 2). — Sur la ligne de

Versailles (rive gauche) et entre les gares d'Oissel et de Sotteville (ligne de Paris à Rouen), la compagnie des chemins de fer de l'Ouest emploie un autre appareil qui a été imaginé par M. Régnault, agent divisionnaire de son exploitation : cet indicateur présente des garanties que ne possède pas l'appareil Tyer; mais il exige un fil spécial et, dans chaque poste, une pile particulière pour chacune des voies à desservir.

Appareil pour double voie. — L'appareil Régnault (pl. 2), analogue d'aspect à l'appareil Tyer, est renfermé, comme celui-ci, dans une boîte qui porte sur sa face antérieure deux boutons pour annoncer la marche des trains et deux aiguilles : l'une R, dite de répétition, répète les signaux qu'on a envoyés après qu'ils sont réellement produits à l'autre extrémité de la station ; la seconde I, dite indicatrice, indique les signaux transmis par cette autre extrémité.

Récepteur. — Le récepteur se compose :

1° Pour les aiguilles de répétition R, d'une bobine d'électro-aimant a, a_1 dont le fer doux, monté sur pivots, se prolonge à son extrémité antérieure par une tige fc également en fer doux qui participe à sa polarité.

Cette tige fc se termine en c par un arc denté qui commande, au moyen d'un pignon, les mouvements de l'aiguille de répétition R, et son extrémité opposée f peut osciller entre le pôle nord d'un aimant droit NS et un butoir qui limite son écart.

Les fils des électro-aimant a, a_1 sont reliés, d'une part au contact de réception du manipulateur et d'autre part à la terre.

2° Pour les aiguilles indicatrices I_1, d'une seconde

bobine d'électro-aimant a', a'_1 (*) dont le fer doux, monté sur pivots comme celui des bobines a, a_1, se prolonge par une tige en fer doux $f'c'$.

La tige $f'c'$ peut osciller entre les pôles N'S' d'un aimant en fer à cheval et commande, par son extrémité c', les mouvements de l'aiguille indicatrice I' : elle porte en outre un bras métallique b' qu'elle entraîne dans ses mouvements et qui, en allant d'un butoir m' à un autre butoir n', frotte sur une lame de contact l' reliée au fil de ligne L_1, de manière à mettre alternativement la ligne en communication avec la bobine a' et avec le pôle zinc de la pile P', suivant que le bras b' appuie sur le butoir m' ou sur le butoir n'.

Tout est disposé d'ailleurs pour que l'aiguille de répétition R, R_1 soit verticale lorsque l'extrémité f de la tige fc, motrice de cette aiguille, est au contact du pôle nord N de l'aimant naturel NS et, de même, l'aiguille indicatrice $I'I'_1$ est verticale lorsque l'extrémité f' de la tige $f'c'$ qui la commande est au contact du pôle nord de l'aimant en fer à cheval N'S' comme il est indiqué sur la figure, c'est-à-dire lorsque le bras b' est au contact du butoir m'.

Manipulateur. — Quant au manipulateur, il consiste extérieurement en deux boutons qui font saillie hors de la boite, au-dessous des aiguilles du récepteur.

Le bouton de départ sert à signaler l'entrée des trains sur la section : il permet d'agir sur une tige à ressort l, analogue au levier du manipulateur Morse, et de l'amener momentanément du contact de réception communiquant avec la bobine a, au contact de transmission qui est relié au pôle cuivre de la pile P, dont le pôle zinc est à la terre.

(*) Nous supprimerons les indices, pour plus de simplicité, dans la description générale.

Le bouton d'arrivée sert à signaler la sortie des trains de la section : il ramène le bras métallique b' sur le contact m' et par suite l'aiguille indicatrice dans la verticale.

Si aucun train n'est engagé sur la section BC, les lames l, les tiges f et les bras b occupent les positions indiquées sur la figure, et toutes les aiguilles sont verticales.

Départ d'un train de B. — Lorsqu'un train passe en B, se dirigeant vers C, l'agent de B le couvre avec son signal de distance et presse un instant sur son bouton de départ : il abaisse ainsi pendant le même temps la lame l, interrompt la communication de la ligne avec la bobine a, et envoie au poste C un courant positif.

Ce courant positif suit, dans le poste C, le trajet $l'f'm'$, actionne la bobine a' et développe un pôle nord dans la tige en fer doux $f'c'$: l'extrémité f', repoussée par N' et attirée par S' s'abaisse, incline l'aiguille I' sur la droite dans le sens de la marche du train signalé, et amène le bras b' sur le contact n'. Dès que le contact $b'n'$ se produit, le courant négatif de la pile P' passe sur la ligne, arrive en B, actionne la bobine a et développe un pôle nord dans la tige fc, dont l'extrémité f, repoussée par l'aimant N, se relève jusqu'au butoir placé au-dessus et incline l'aiguille de répétition dans le sens de la marche du train.

Pendant tout le temps que le train est engagé sur la section BC, le contact $b'n'$ persiste, le courant négatif de P' actionne a, maintient la tige f éloignée de N et, par suite, l'aiguille R demeure inclinée, indiquant à l'agent de B que le train n'a pas quitté la section.

Arrivée du train en C. — Lorsque le train passe en C, l'agent de ce poste le couvre avec son signal de dis-

tance, l'annonce au poste suivant, et presse ensuite sur le bouton d'arrivée de l'appareil qui le met en relation avec B : il ramène ainsi le bras b' de n' en m', redresse son aiguille indicatrice I', et supprime l'envoi du courant sur la ligne; la tige f du poste B cesse d'être polarisée et revient au contact de N, replaçant ainsi l'aiguille R dans la verticale.

L'annonce du départ d'un train de C et de son arrivée en B serait signalée de la même manière, au moyen des boutons correspondant aux aiguilles R_1 et I_1'.

Il serait facile d'introduire des sonneries dans les circuits de manière qu'elles fonctionnent, par exemple, au moyen des courants qui agissent sur les aiguilles indicatrices I', c'est-à-dire qu'elles tintent au moment où l'on signale le départ d'un train. Si l'on rendait ces sonneries dépendantes des courants qui inclinent les aiguilles de répétition R, elles tinteraient pendant toute la durée du trajet du train sur la section.

Appareil pour voie unique. — Lorsque les sections à exploiter sont à voie unique, auquel cas il ne doit jamais y avoir qu'un seul train engagé sur une même section, on peut signaler la marche des trains dans les deux sens avec un seul fil, en modifiant l'appareil comme l'indique la seconde figure de la planche 2.

On place les bobines de l'aiguille indicatrice et de l'aiguille de répétition dans un même circuit qui aboutit, d'une part au contact que nous avons désigné par la lettre m et d'autre part à la terre, et l'on dispose ces bobines de manière que la première soit actionnée par les courants positifs, et la seconde par les courants négatifs venant de la ligne.

Le bouton de départ commande l'abaissement de trois leviers reliés respectivement au pôle zinc, au pôle cuivre

et à la lame de contact sur laquelle frotte la partie inférieure du bras b : le bouton d'arrivée ramène le bras b sur le contact m des bobines, comme dans l'appareil à double voie.

Il n'y a d'ailleurs rien de changé dans la manœuvre pour annoncer le départ ou l'arrivée des trains.

D'après les descriptions qui précèdent on voit que, si l'appareil Régnault exige, pour desservir des sections à double voie, deux fils de ligne et deux piles distinctes dans chaque poste, il présente les avantages suivants :

1° L'agent qui annonce le départ d'un train est assuré de l'arrivée du signal qu'il envoie, car la production de ce signal se répète d'une manière persistante dans son appareil.

2° Cet agent ne peut pas modifier d'une manière permanente, avec ses boutons, l'inclinaison de l'aiguille de répétition qui commande son signal de distance, puisque cette inclinaison résulte du contact $b'n'$ que l'agent de l'autre poste seul peut supprimer.

3° Lorsque l'aiguille R est inclinée, indiquant qu'un train est en route de B vers C, les décharges atmosphériques peuvent la faire osciller, mais non la ramener d'une manière permanente à la verticale ; car il leur est impossible de changer la position du bras b'.

Ces décharges, non plus que les mélanges accidentels avec d'autres fils, ne peuvent donc pas mettre les aiguilles à voie libre lorsque la voie est occupée ; elles peuvent agir tout au plus, lorsque aucun train n'est engagé sur la section, pour mettre les aiguilles dans la position qui correspond à l'envoi d'un train, c'est-à-dire pour fermer la voie si l'agent ne constate pas, au départ, que le signal s'est produit sans sa participation. Dans ce

cas l'exploitation peut-être gênée, mais sa sécurité n'est pas compromise.

Appareil électro-sémaphorique Lartigue, Tesse et Prudhomme (Pl. 3, 4 et 5). — Les appareils Tyer et Régnault sont purement électriques et se bornent à indiquer à l'agent quelle doit être la position de son signal de distance ; il faut deux manœuvres distinctes pour signaler un train en avant et le couvrir en arrière, comme pour annoncer son arrivée et remettre à voie libre le signal d'arrêt. Cette double manœuvre peut naturellement être une cause d'erreur ou d'oubli : un agent peut, par exemple, signaler un train en avant et omettre de développer à l'arrêt le signal de distance qui doit le couvrir ; on comprend donc qu'il y ait un véritable avantage à rendre ces signaux solidaires, à faire en sorte qu'une même manœuvre couvre le train à l'arrière et le signale en avant, ou annonce son arrivée en effaçant en même temps le signal de distance qui le couvrait.

Tel est le but que se sont proposé MM. Lartigue et Tesse, inspecteurs du service télégraphique de la compagnie du Nord, en imagiuant leur appareil électro-sémaphorique qui est en service sur la ligne de Saint-Denis à Creil, par Chantilly.

Appareil pour double voie. Description (Pl. 3, *fig.* 1). — Cet appareil électro-sémaphorique exige, comme le système Régnault, un fil de ligne spécial pour desservir chaque voie : il se compose, pour tout point intermédiaire S′ qui termine une section SS′ et commence la section suivante S′S″, d'un mât de signal muni de quatre indicateurs, avec les organes pour les manœuvrer.

Deux de ces indicateurs A′, A'_1, de grande dimension, sont placés au haut du mât et doivent donner le signal d'arrêt, savoir : A′ aux trains qui veulent entrer sur la

voie montante de la section S'S'' et A'_1 à ceux qui veulent s'engager sur la voie descendante de la section S'S.

Les deux autres indicateurs *a'*, a'_1, de dimension plus petite que les premiers (*), sont placés à peu près à mi-hauteur de mât et destinés à prévenir l'agent de S', lorsqu'un train se dirige vers lui, venant de S'' ou de S.

Les organes qui agissent sur ces divers bras ou indicateurs étant identiques, nous nous bornerons à décrire ceux qui correspondent à l'un d'eux.

Le bras A', par exemple, est relié à une tringle de tirage T' (*fig.* 1), articulée vers son milieu à un bras de levier Q' et à son extrémité inférieure à une bielle B' qu'elle sollicite à se placer verticale au-dessus de son arbre X (**).

Cet arbre X traverse une boîte E, fixée à hauteur de main sur le mât de signaux et se termine, du côté opposé à la bielle B, par un bras de manivelle M à angle droit avec cette bielle : il porte d'ailleurs, faisant corps avec lui dans des plans successifs à partir de la face antérieure de la boîte (Pl. 4) :

1° Deux saillies α, β, placées en regard d'un cliquet W, qui déterminent le sens de rotation de l'arbre et contribuent à le fixer dans deux positions : l'une Wα, pour laquelle la manivelle M est horizontale et la bielle B verticale au-dessus de X, et l'autre Wβ, à 210° de la première ;

2° Un doigt D perpendiculaire à l'axe X et qui fait avec la bielle B un angle de 120° ;

3° Une came hélicoïdale C ;

(*) Ils sont en outre d'une couleur qui ne permet pas aux mécaniciens de leur donner une signification pour la marche des trains.

(**) Nous supprimerons, pour plus de simplicité, les accents dans la description générale.

4° Un commutateur circulaire en bois ou en ébonite O, portant sept contacts métalliques, dont six sont reliés deux à deux et le septième communique avec la terre par l'arbre X. Sur la circonférence de ce commutateur frottent quatre ressorts qui communiquent : l'un avec le pôle positif de la pile, le suivant avec le fil de ligne par l'intermédiaire d'un paratonnerre, le troisième avec le pôle négatif de la pile et le quatrième simultanément avec deux électro-aimants du système Hughes F, F_1 par lesquels il aboutit à la terre et qui sont disposés de manière qu'un courant négatif affaiblit le magnétisme de F et augmente celui de F_1.

Lorsque l'armature N_1 s'éloigne de son électro-aimant F_1, elle entraîne avec elle un voyant V qui vient placer sa partie rouge, ou la mention *signal reçu*, en regard d'une fenêtre ménagée dans la paroi antérieure de la boîte (*) fait frapper un marteau sur le timbre H, et amène une palette en fer doux N_2 contre les branches de l'aimant F_1 de manière à le maintenir armé.

L'armature N de l'électro-aimant F est fixée sur une tige prismatique R mobile autour d'un axe X_1 qui porte, en fausse équerre avec R, une seconde tige J sur laquelle un contre-poids G peut être fixé à une distance convenable de X_1.

Ces tiges R et J sont en outre articulées, savoir : R en U avec une tige P mobile autour de X_2 et sur laquelle le doigt D peut venir s'appuyer, J en U_1 avec une tringle S qui peut abaisser la palette N_2 et amener l'armature N_1 au contact de F_1.

A chaque boîte de manœuvre est annexé un commuta-

(*) Dans les boîtes *e'e''* correspondant aux bras *a'a''*, c'est l'inverse qui se produit : les voyants *v'v''* sont au blanc lorsque l'armature est éloignée de son électro-aimant.

teur à ressorts K placé latéralement, comme l'indique la figure. Lorsque ce commutateur est au repos, il met la ligne en communication avec l'appareil ; lorsqu'on l'incline à droite au moyen de la manette qui le manœuvre, il coupe cette communication et envoie sur la ligne un courant de sens déterminé que l'on peut faire agir sur une sonnerie pour transmettre des signaux d'avertissement.

Les bornes fixées à chaque boîte reçoivent, comme l'indiquent les signes ou les lettres qui les différencient : les pôles de la pile, la terre, le fil de sonnerie et le fil de ligne ; l'un des fils de ligne réunit la boîte E′ du poste S′ à la boîte *e″* du poste S″, et l'autre la boîte *e′* de S′ à E″ de S″.

Manœuvre de l'appareil, voies libres. — Lorsque aucun train n'est engagé sur la section, les bielles B′, B″ des boîtes E′, E″ correspondant aux signaux de distance A′, A″ sont verticales et au-dessus de leurs axes X′, X″ ; par suite les signaux de distance A′, A″ pendent verticalement le long du mât, invisibles pour les trains qui se présentent ; les voies sont ouvertes.

Les bielles *b′*, *b″* des petits bras *a′*, *a″* qui répètent respectivement les indications des bras A′ et A″ sont à 210° des bielles B′, B″ et ont dépassé le point mort de la verticale inférieure de leurs axes *x′*, *x″* : elles exercent donc leur effort de traction sur les petits bras et les maintiennent relevés contre le mât, invisibles comme A′ et A″.

Les commutateurs O′ et O″ occupent la position 1′ (Pl. 5), *o′*, *o″* la position 1″.

Les armatures N′, N″ *n′*, *n″* sont au contact de leurs électro-aimants F′, F″, *f′*, *f″* ainsi que N_1' et N_1'' et les voyants V′, V″ correspondants, sont à voie libre. Au contraire, les armatures n_1' et n_1'' sont écartées de leurs électro-ai-

mants $f_1'f_1''$, qui restent armés par l'action des palettes en fer doux $n_2'n_2''$; les voyants v', v'' sont également à voie libre (*).

Départ d'un train de S′ *vers* S″. — Lorsqu'un train part de S′ se dirigeant vers S″, *l'agent de* S′ *tourne sa manivelle* M′ *d'un peu plus d'une demi-circonférence;* il amène ainsi un peu au delà de la verticale inférieure de l'axe X′ la bielle B′, qui développe horizontalement le bras A′, le met à l'arrêt et produit en même temps, par la rotation de l'arbre X′, les modifications suivantes dans la boîte E′ :

Le doigt D′ vient appuyer contre le butoir P′ et arrête la rotation de la manivelle qui ne peut revenir en arrière, parce que la saillie β' est aux prises avec le cliquet W′.

Le commutateur O′, partant de la position 1′ (Pl. 5), est amené à 3′ en passant par la position 2′, dans laquelle il envoie un courant négatif sur la ligne suivant la direction $L'_2\ \delta\ \gamma\ l_1''$.

Ce courant négatif trouve le commutateur o'' de la boîte e'' dans la position 1″; il se rend donc à la terre en passant par les électro-aimants $f''f_1''$ de cet appareil, diminuant le magnétisme du fer doux de f'' et augmentant, au contraire, celui du noyau central de f_1''; par suite l'action du contre-poids g'' devient prédominante et celui-ci s'abaisse, amenant, au moyen de la tige s'', la palette n''_1 contre l'aimant f_1'' (ce qui met le voyant v'' au rouge), et écartant vers la gauche la branche r'' qui porte l'armature n''.

Le mouvement ainsi donné à r'' suffit pour que le bu-

(*) L'écartement des armatures n_1' et n_1'' dans cette position initiale, permet d'échanger des avis par les sonneries au moyen d'émission de courants positifs, sans que ces courants modifient la position des divers organes.

toir p'' échappe au doigt d''; dès lors la bielle b'', sollicitée par sa tringle de tirage, sur laquelle agit le contre-poids du petit bras a'', achève sa rotation en entraînant son axe x'', et vient se placer suivant la verticale élevée au-dessus de cet axe ; le petit bras a'' se développe horizontalement.

Dans la demi-révolntion qu'effectue x'', la came hélicoïdale c'' (Pl. 4) relève la tige j'', ce qui. sans modifier la position de l'armature n_1'', remet n'' aux prises avec son électro-aimant f'' : le commutateur o'' tourne de $1''$ en $3''$ (Pl. 5) et, pendant qu'il passe par la position $2''$, envoie un courant positif au poste de départ S′ suivant $l_2''\delta\varepsilon L_3'$.

Ce courant positif pénètre dans la boîte E′, dont le commutateur O′ a achevé sa demi-révolution et occupe la position 3′; il se rend donc à la terre en passant par les électro-aimants $F'F_1'$, augmentant l'aimantation du premier et diminuant assez celle du second pour que le contre-poids G_1' écarte l'armature N_1', qui tombe à droite, met le voyant V′ au rouge et fait frapper le marteau sur le timbre H′ (*).

En résumant ce qui précède, on voit que par le seul effet de la manœuvre effectuée en S′ :

1° L'aile A′ a été développée pour couvrir la voie de S′ en S″ ;

2° Le voyant v'' de la boîte e'' s'est mis en rouge ;

3° Le petit bras a'' s'est développé, indiquant à l'agent de S″ qu'un train est en marche de S′ vers S″ ;

4° Le voyant V′ du poste S′ s'est également mis au

(*) Dans cette position on peut encore échanger des avis par les sonneries au moyen d'envois de courants positifs, puisque ces courants ont déjà produit leur effet sur F_1' et qu'ils trouvent en $s''f''$ et f_1'' isolés de la ligne (position 3″).

rouge, attestant ainsi à l'agent de S′ que son signal est bien arrivé en S″ et que le petit bras *a″* est développé horizontalement.

Tout reste dans cet état pendant que le train est en marche entre S′ et S″, les commutateurs O′ de E′ et *o″* de *e″* occupent les positions 3′ et 3″ (Pl. 5).

Arrivée du train en S″. — Lorsque le train passe en S″, l'agent de ce poste couvre sa marche et le signale en avant au moyen de l'appareil qui dessert la section S″S‴ sur laquelle il s'engage, puis *il ramène la manivelle* m″ *à sa position première en lui faisant décrire un arc de* 200° *environ.*

On verrait facilement que cette manœuvre de *m″* fait passer le commutateur *o″* de la position 3″ à la position 1″ (Pl. 5) ou, ce qui est la même chose, de 1′ à 3′; il envoie donc, en passant par 2′, un courant négatif qui va produire en S′ sur l'appareil A′E′ des effets analogues à ceux qui se sont produits tout à l'heure sur l'appareil *a″e″* de S″; la palette N′ va obéir à l'action du contre-poids G′; la tige J′ s'abaissera ramenant la palette N_1' au contact de F_1' et effaçant le voyant V′; le butoir P′ se dérobera au doigt D′ et déclanchera la bielle B′, qui reviendra dans la verticale supérieure de son axe X′, effaçant le signal d'arrêt A′ et faisant tourner le commutateur O′ de 3′ en 1′ (c'est-à-dire de 1″ en 3″). En passant par la position analogue à 2″, ce commutateur enverra un courant positif qui déclanchera n_1'' et remettra, par suite, le voyant *v″* à voie libre, de manière que tous les organes auront repris leur position primitive et seront prêts à servir pour l'annonce d'un nouveau train.

Pour qu'il y ait concordance entre les signaux produits en S′ et S″ par les grands bras et les petits bras, il faut évidemment que cette concordance existe avant

toute manœuvre; il est donc utile d'avoir un moyen pour la rétablir, dans le cas où elle aurait été troublée par quelque circonstance extraordinaire.

Pour rétablir l'accord initial entre les signaux, on a ménagé à l'extrémité des tiges j', j'' des boîtes e', e'' (Pl. 4) un anneau qui peut recevoir une tringle pour abaisser ces tiges à la main, malgré l'attraction des électro-aimants $f_1'f_1''$ sur les armatures $n_1'n_1''$.

On peut ainsi déclancher directement les petits bras $a'a''$ et mettre tous les signaux à voie libre, c'est-à-dire d'accord (cette disposition est exclusivement réservée aux sections à double voie).

Prescriptions réglementaires. — D'après les prescriptions réglementaires en vigueur sur le chemin de fer du Nord (*), lorsqu'un mécanicien arrivant devant un électro-sémaphore voit, le jour, l'aile gauche du sémaphore développée au rouge et, la nuit, le feu rouge produit par l'interposition du verre rouge devant la lanterne placée au haut du mât, il doit agir exactement comme s'il voyait un signal de distance ordinaire à l'arrêt.

Il doit donc siffler aux freins et prendre les mesures les plus énergiques pour se rendre maître de sa vitesse, puis continuer jusqu'au poste électro-sémaphorique suivant, mais en marchant avec prudence, de façon à pouvoir s'arrêter complétement dans la limite de l'espace qu'il voit devant lui. Si les indications de ce sémaphore indiquent que la voie est libre, le mécanicien reprend sa marche normale.

Les électro-sémaphores n'étant destinés qu'à fournir un surcroît de sécurité, ne dispensent en aucune manière les agents de l'exécution rigoureuse de tous les

(*) Règlement d'août 1874, pour le service télégraphique.

ordres concernant les signaux à faire pour la protection des trains, soit en pleine voie, soit dans les gares.

Emploi. — La compagnie du Nord a établi douze postes électro-sémaphoriques entre Saint-Denis et Creil (ligne de Chantilly), pour exploiter régulièrement par sections cette partie de la voie, longue de 41 kilomètres environ.

Les jours où les courses de Chantilly exigent la mise en marche d'un nombre considérable de trains ; on intercale dix postes volants, convenablement organisés, entre les postes fixes, de manière à réduire la longueur des sections à moins de 2 kilomètres. On a pu ainsi, le 30 mai 1874, expédier seize trains de grande vitesse composés chacun de 22 voitures : ces trains ont transporté sur un parcours de 41 kilomètres, 11.000 voyageurs en 140 minutes comptées depuis le moment du départ du premier train de Chantilly jusqu'au moment où le dernier déposait ses voyageurs sur le quai de la gare à Paris. En examinant le diagramme de la marche des trains relevé sur des pointages faits au passage devant les postes de signaux, on a estimé qu'on aurait pu, réduire à 3 minutes l'intervalle des départs et à 110 minutes la durée totale du trajet de ces seize trains.

Appareils intermédiaires. — Pour pouvoir signaler la marche des trains à certains points situés entre des postes électro-sémaphoripues sans y placer des appareils complets, MM. Lartigue et Tesse ont proposé la disposition suivante :

En chacun de ces points et pour chaque voie, on place un signal de distance maintenu ordinairement à l'arrêt et qui ne doit et ne peut être effacé par le garde que lorsque le poste voisin a signalé le départ d'un train.

Dans ce but, la tringle T, qui permet d'effacer le signal

(Pl. 3, *fig.* 2), est munie dans la traversée d'une boîte fixée au mât, d'un loquet en pied-de-biche *l* placé en regard d'une came *c*, qui s'oppose à son abaissement tant que le levier en équerre sur lequel elle est placée ne s'est pas incliné pour la dérober au loquet.

Lorsque aucun train ne circule sur la voie qui aboutit au signal de distance, la came est maintenue sur le trajet du loquet parce qu'une armature en fer doux qui termine la branche du levier sur laquelle elle est fixée est au contact d'un électro-aimant Hugues; la branche supérieure du levier est relevée et fait saillir hors de la boîte l'indication *arrêt* qui annonce au garde que le signal ne doit pas et ne peut pas être effacé.

Lorsqu'un train part du poste voisin, le courant qui le signale à l'autre extrémité de la section traverse l'électro-aimant de l'appareil intermédiaire qui est placé sur le fil de ligne; il affaiblit assez son aimantation pour que le poids de la branche supérieure du levier fasse basculer celui-ci. Ce mouvement fait frapper un marteau sur un timbre, dérobe la came au loquet en pied-de-biche, fait disparaître l'indication *arrêt*, et met en vue la mention *laissez passer* qui annonce au garde qu'un train arrive et qu'il doit effacer son signal.

L'abaissement même de la tringle que le garde manœuvre pour effacer le signal remet la branche verticale du levier aux prises avec l'électro-aimant, de manière qu'après le passage du train, lorsque le garde remet son signal à l'arrêt, toutes les pièces ont repris leur position primitive.

Si l'on voulait que l'ouverture de la voie se fît automatiquement, sans l'intervention du garde, qui n'aurait plus dès lors qu'à remettre le signal à l'arrêt après le passage du train, on placerait au haut du mât un disque

rouge divisé en deux parties égales : la moitié inférieure serait fixe et la moitié supérieure, qui pourrait se rabattre sur la première de manière à ne laisser de visible qu'une moitié de disque blanc sans signification possible d'arrêt pour les mécaniciens, serait ordinairement maintenue relevée par l'action d'un fort électro-aimant, fixé au haut du mât de signal.

Le courant envoyé pour signaler le départ d'un train passerait dans cet électro-aimant, affaiblirait son magnétisme ; le demi-disque supérieur, cessant d'être retenu, se rabattrait sur la moitié inférieure, de manière à ouvrir la voie et frapperait un coup d'appel sur un timbre assez fort pour être entendu du garde.

Après le passage du train, le garde relèverait le demi-disque supérieur au moyen d'une corde enroulée sur une poulie et le remettrait au contact de l'électro-aimant, c'est-à-dire à l'arrêt.

Application à la voie unique. — Lorsqu'on exploite une partie du réseau par voie unique, il est de nécessité absolue que deux trains marchant en sens contraire ne puissent jamais s'engager simultanément sur une même section ; aussi le règlement relatif à ce mode d'exploitation prescrit-il ordinairement de maintenir à l'arrêt tous les signaux de distance, de n'effacer chacun d'eux qu'au moment même où l'on veut permettre à un train de pénétrer sur la section, et de le remettre à l'arrêt dès que ce train est entré. On obtient ainsi une importante garantie de sécurité, puisqu'alors on est assuré qu'aucun train ne peut franchir un signal de distance sans l'assentiment de l'agent de la voie, assentiment qui doit être naturellement subordonné à l'état de la section.

Toutefois cette garantie n'est pas absolue, car tout agent peut commettre une erreur ; il y aurait donc un

grand avantage à supprimer cette possibilité de fausse manœuvre, en faisant en sorte qu'au moment où l'agent d'un poste S′ met son signal de distance à voie libre pour permettre à un train de s'engager sur la section S′, S″, le signal de distance du correspondant S′ soit immobilisé à l'arrêt, de manière que l'agent de S″ ne puisse pas l'effacer, tant qu'il n'a pas annoncé à son correspondant S′ l'arrivée de ce train.

MM. Lartigue et Tesse ont obtenu ce résultat d'une manière extrêmement simple (Pl. 3, *fig.* 3), au moyen d'un cliquet W_1 placé entre les deux leviers Q et *q* sur lesquels sont articulées, à mi-hauteur de mât, les tringles de tirage des bras A et *a*, et d'une encoche ménagée sur l'axe du levier Q qui commande le bras A.

Lorsque l'agent de S′ déclanche le petit bras *a*″ de S″ pour annoncer à ce poste qu'un train va s'engager sur la section S′, S″, la came dont le levier *q*″ est munie vient agir sur le cliquet w_1'' et le fait pénétrer dans l'encoche de l'axe du levier voisin Q″ moteur du signal de distance A″. Ce levier est ainsi immobilisé et le signal A″, invariablement fixé à l'arrêt, ferme la voie d'une manière absolue à tout train qui se présente en S″ pour pénétrer sur S″S′.

Ce n'est qu'au moment où l'agent de S″ signale à S′ l'arrivée du train en effaçant son petit bras *a*″, que la came cesse d'agir sur le cliquet *w*″, et que ce cliquet devenu libre, retombe dans sa position première en vertu de son propre poids, dégageant ainsi le levier Q″ qui peut dès lors obéir à l'action de la manivelle M″ pour effacer le signal A″.

Pour donner à l'exploitation par voie unique une dernière garantie de sécurité, MM. Lartigue et Tesse ont voulu que le développement d'un petit bras quelconque

a'', annonçant qu'un train est engagé sur la section S' S'', rende impossible l'envoi ou la réception de tout signal par le système électrique contenu dans la boîte E'' correspondant à A'' qui commande l'entrée de S''S'.

Dans ce but, au lieu de faire aboutir directement à la terre les fils de terre des commutateurs K et des électro-aimants F, F_1 de la boîte E, ils les ont amenés à un contact supplémentaire θ (Pl. 6) placé dans la boîte contiguë *e* et qui frotte sur le commutateur inverseur **o**.

Lorsque les petits bras a', a'' sont effacés, ce qui indique qu'aucun train n'est engagé sur la section, les frotteurs supplémentaires θ', θ'', des boîtes e', e'', sont placés sur la partie des commutateurs o', o'' qui communique avec la terre, les électro-aimants et les commutateurs K', K'' ont leur circuit complet et peuvent agir. Mais lorsque, par exemple, le petit bras a'' est horizontal annonçant la marche d'un train de S' vers S'', le frotteur supplémentaire o'' de la boîte e'' est isolé; ni les électro-aimants F'', F_1'', ni le commutateur K'' n'ont plus de communication avec la terre, et par suite il est impossible à S'' d'envoyer ou de recevoir aucun courant électrique (*).

Les communications électriques sont d'ailleurs modifiées comme l'indique la Pl. 6, de manière que le courant envoyé par le commutateur O' se bifurque en arrivant en s'' et passe à la fois dans le commutateur o'' et dans la bobine f_1''.

Manœuvre des appareils. 1° ***Voie libre.*** — Si nous considérons la section à voie unique S'S'' desservie par des appareils électro-sémaphoriques tels que ceux que nous venons de décrire, au moment où elle est libre de tout

(*) Cette disposition supprime la possibilité d'échanger des signaux par les sonneries lorsque la voie est occupée par un train.

train, tous les appareils sont enclanchés, c'est-à-dire que toutes les bielles agissent, les bielles B pour maintenir à l'arrêt les signaux de distance A, les bielles *b* pour effacer les petits bras *a*, les voyants intérieurs *v* des boîtes E, *e* sont déclanchés et montrent : les premiers leur partie blanche, les seconds leur partie rouge ; les commutateurs O*o* occupent les positions 1′ 1″ (Pl. 6). (On pourrait échanger des signaux par sonneries au moyen de courants positifs envoyés par les commutateurs K.)

Départ d'un train de S′ *vers* S″. — Si un train arrive en S′ pour s'engager sur S′ S″, *l'agent de ce poste incline à droite, au moyen de la manette de manœuvre, les lames du commutateur* K′ *contigu à sa boîte* E′ : il demande ainsi à S″ l'ouverture de la voie, en lui envoyant un courant négatif qui affaiblit le magnétisme de f'' et rend prépondérante l'action du contre-poids g''. L'abaissement de la tige j'', qui en est la conséquence, produit deux effets distincts (Pl. 4) :

1° Il amène mécaniquement l'armature n_1'' au contact de son électro-aimant f_1'', le voyant intérieur v'' se met au blanc indiquant que S′ demande l'ouverture de la section.

2° Il éloigne l'armature n'' de son électro-aimant f'' et dérobe par suite le butoir p'' au doigt d'' ; la bielle b'' ainsi déclanchée achève sa rotation et développe le bras a'', ce qui, comme nous l'avons indiqué tout à l'heure, immobilise à l'arrêt le signal de distance A″ et ferme d'une manière absolue la section S″S′.

La bielle b'' entraîne avec elle son axe x'' et le commutateur o'' qui passe de la position 1″ à la position 3″ (Pl. 6) ; pendant cette rotation, x'' relève au moyen de la came hélicoidale c'' la tige j'' et remet ainsi l'arma-

ture n'' au contact de f'' et o'', et passant par la position 2″, envoie sur la ligne un courant négatif.

Ce courant négatif détermine en S′ des effets électriques analogues à ceux qui viennent de se produire en S″, bien qu'ils se traduisent à l'extérieur par des indications opposées.

Le voyant intérieur V′ se met au rouge, indiquant la position du petit bras a'', et le signal de distance A′ déclanché s'efface donnant voie libre au train qui se présente. Le commutateur O′ envoie en S″ un courant négatif qui, trouvant le commutateur o'' isolé (position 3″), se rend à la terre par l'électro-aimant f_1'' dont il augmente le magnétisme, et qui par suite ne produit aucun changement en S″.

Dès que le train s'est engagé sur la section, *l'agent de* S′ *le couvre en remettant à l'arrêt son signal de distance* A′ *au moyen de sa manivelle* M′ ; il envoie ainsi en S″ un courant positif qui actionne f_1'', écarte l'armature n_1'' et met le voyant v'' au rouge.

Tous les organes conservent la position qu'ils occupent pendant le trajet du train de S′ en S″ : aucun signal ne peut être échangé même par les sonneries, puisque les communications à la terre de la boîte E″ et du commutateur K″ sont interrompues.

Arrivée du train en S″. — Lorsque le train arrive en S″, l'agent de ce poste le signale en avant pour provoquer l'ouverture de la section suivante ; puis, après l'avoir couvert lorsqu'il s'est engagé sur cette section, *il annonce son arrivée à* S′ *en tournant sa manivelle* m″ *de manière à effacer le petit bras* a″.

Cette manœuvre dégage le cliquet w_1'' de l'encoche du levier Q″ (Pl. 3, *fig.* 3), et rend ainsi au signal de distance A″ sa liberté, et elle ramène le commutateur o'' de 3″ à

1″ (Pl. 6) ou, ce qui est la même chose, de 1′ à 3′ : en passant par la position 2′ le commutateur envoie en S′ un courant positif qui affaiblit F_1' et remet le voyant intérieur V′ au blanc.

Tous les organes ont repris leur position primitive et sont prêts à fonctionner de nouveau pour le passage du train suivant.

Avantages de l'appareil électro-sémaphorique. — L'examen du système imaginé par MM. Lartigue et Tesse montre qu'il réunit les avantages suivants :

1° Il suffit d'un mouvement unique et très-simple pour manœuvrer simultanément les appareils électriques qui transmettent et reçoivent les avis à distance et les signaux à vue qui donnent aux mécaniciens l'état de la voie.

2° Le signal qui couvre le train se fait mécaniquement, à la main ; on n'utilise l'électricité que pour annoncer le train en avant et pour effacer en arrière le signal d'arrêt. Si donc l'électricité venait à faire défaut, les signaux à vue pourraient bien être maintenus à l'arrêt, mais aucun ne se mettrait indûment à voie libre ; il ne saurait par suite en résulter qu'un retard dans la marche des trains et la sécurité de l'exploitation ne serait pas compromise.

3° L'agent qui a mis son signal de distance à l'arrêt ne peut pas le remettre lui-même par erreur à voie libre ; ce signal ne peut être effacé que par un courant venant de la ligne, c'est-à-dire par l'agent seul du poste correspondant qui doit le supprimer, lorsque l'arrivée du train à son poste rend réellement libre la voie sur laquelle il était engagé.

4° Pour que des courants électriques provenant de décharges d'électricité atmosphérique ou de mélanges puissent fausser un signal, il est nécessaire qu'ils soient de *sens* et *d'intensité convenables* : des courants trop

faibles n'agiraient pas assez sur les électro-aimants Hughes, des courants trop forts renverseraient l'aimantation et ne permettraient pas aux armatures de s'écarter des fers doux. On se trouve donc, à ce point de vue, dans des conditions un peu meilleures qu'avec l'appareil Tyer.

5° La production de tout signal envoyé à l'extrémité de la section est accusée au poste de départ par un signal automatique en retour persistant et annoncée par un fort coup de timbre qui prévient l'agent.

AMIOT.

EXAMEN COMPARATIF

DES

PILES USITÉES DANS LA TÉLÉGRAPHIE.

RAPPORT DE M. GAUGAIN SUR LES PILES AU BICHROMATE DE POTASSE ET EN PARTICULIER SUR LA PILE DELAURIER.

---

§ 1. — *Procédé d'observation.*

Mes nouvelles recherches ont été exécutées suivant le même plan que celles de 1868 (*), et je me suis attaché principalement à déterminer les variations que subit la force électromotrice des couples mis en expérience, soit lorsqu'ils restent montés pendant un temps plus ou moins long sans que le circuit soit fermé, soit lorsqu'ils sont traversés par un courant continu ou discontinu d'intensité donnée.

Comme la méthode dont je me suis servi pour mesurer la force électromotrice se trouve décrite avec détails dans mon rapport de 1868, je crois inutile de l'exposer ici de nouveau.

Les couples sur lesquels j'ai opéré ont été placés dans quatre conditions différentes : ceux d'une première série sont restés constamment inactifs ; dans une deuxième série le courant a circulé d'une manière continue ; dans les deux autres séries il a été interrompu : il l'a été

(*) Voir *Annales*, t. II, p. 533 ; t. III, p. 54 et 148 (années 1875 et 1876).

dans la troisième série au moyen d'un trembleur et dans la quatrième au moyen d'un interrupteur Foucault.

D'après les renseignements qui m'ont été communiqués, on n'emploie sur la ligne de Tours que 20 éléments Delaurier pour transmettre à 234 kilomètres de distance, au moyen d'un fil de 4 millimètres, ce qui donnerait par élément une résistance de 11^k,7 fil de 4 millimètres. Mais bien que le courant employé sur la ligne de Tours soit sans nul doute suffisant pour les besoins du service il doit être un peu plus faible que celui qui est employé sur les autres lignes. Il résulte en effet des chiffres qui m'ont été communiqués que pour les lignes de Lille, Boulogne-sur-Mer, Marseille et Berlin on emploie environ 19 éléments Callaud pour 100 kilomètres de résistance. Or, si l'on veut que le courant conserve la même valeur, il faut, lorsqu'on passe d'une pile à une autre, faire varier le nombre des éléments en raison inverse de la valeur de la force électromotrice et comme le rapport des forces des piles Delaurier et Callaud est, après quelque jours de marche, environ celui de 1,8 à 1, il en résulte que l'on devrait employer 10,5 éléments Delaurier pour 1 kilomètre résistance, ou en d'autres termes interposer dans le circuit 9,5 kilomètres de fil par élément. En interposant 10 kilomètres résistance ou plus exactement 100 unités de Siemens par élément employé, j'ai trouvé que le courant développé dans le circuit, lorsque les couples viennent d'être montés, donne une déviation de 17 degrés au multiplicateur conique dont je me sers pour mesurer les intensités. Je me suis arrangé pour maintenir constante autant que je l'ai pu cette déviation de 17 degrés pendant toute la durée de mes expériences, et pour cela j'ai diminué graduellement les résistances interposées

dans chacune de mes séries à mesure que la force électromotrice des couples diminuait elle-même.

L'intensité du courant employé dans mes expériences de 1868 était mesurée par une déviation de 14 degrés seulement au multiplicateur conique, et j'ai constaté que le courant qui produisait cette déviation dégageait par heure 6,35 centimètres cubes de gaz hydrogène lorsqu'il traversait le voltamètre à eau acidulée. J'ai trouvé que le courant qui donne maintenant une déviation de 17 degrés à l'aiguille du multiplicateur dégage par heure 9,56 centimètres cubes de gaz hydrogène lorsqu'il traverse le voltamètre. Le courant employé dans mes nouvelles recherches est donc plus fort de 50 pour 100 environ que celui que j'avais précédemment employé. J'ai adopté cette intensité peut-être un peu exagérée parce que mes expériences devaient être terminées dans un délai de cinq mois environ et que dans cet intervalle de temps les couples entre lesquels je voulais établir une comparaison eussent conservé tous leur force électromotrice initiale, du moins dans la série du trembleur, si l'intensité du courant eût été trop faible.

Lorsqu'on emploie l'appareil de Foucault pour obtenir des interruptions, on peut faire varier à son gré le rapport de la durée de l'interruption du courant à la durée de son passage. J'ai réglé l'appareil de manière que ces durées fussent égales, c'est-à-dire de manière que la déviation produite par le courant interrompu se trouvât réduite à 8°,30.

Lorsqu'on se sert d'un trembleur pour produire des interruptions, on ne peut plus faire varier à volonté le rapport de la durée de l'interruption à la durée du passage; avec l'appareil dont je me suis servi, ce rapport est à peu près celui de 5 à 1; j'ai constaté en effet que la

déviation produite par le courant interrompu était 3°,15, alors que la déviation produite par le même courant marchant d'une manière continue était 18° 15'; la première est le sixième environ de la seconde.

Je ferai remarquer en passant qu'il me paraît certain (bien que je n'aie point eu le temps de le constater par des observations directes) que la polarisation qui résulte du passage d'un courant discontinu d'intensité déterminée est absolument la même que celle qui résulterait du passage d'un courant continu de même intensité. Je viens de dire que, par suite de l'interruption, le courant de la série du trembleur n'avait qu'une intensité moyenne représentée par la déviation 3°15'. Je crois que dans ce cas la polarisation de la pile est absolument la même que si on laissait passer le courant d'une manière continue et qu'on se bornât à réduire l'intensité à la valeur 3° 15' en interposant dans le circuit des résistances convenables.

J'ai fait observer dans mon rapport de 1868 que la force électromotrice du couple thermo-électrique bismuth et cuivre qui me sert de terme de comparaison ne peut pas du tout être considérée comme une unité invariable. J'ai eu l'occasion de constater bien nettement l'exactitude de cette remarque. La pile dont je m'étais servi dans mes premières expériences ayant été accidentellement brisée, j'en ai fait construire une nouvelle par le même artiste qui avait exécuté la première (M. Ruhmkorff), et bien que les nouveaux couples aient été coulés dans le même moule que les premiers, ils sont, sans que je sache pourquoi, doués d'une force électromotrice beaucoup plus grande. La force électromotrice du couple de Daniell rapportée à celle de mes anciens couples thermo-électri-

ques avait pour valeur 197 $\frac{\text{Bi} - \text{Cu}}{0^\circ - 100^\circ}$; la même force, rapportée à la force moyenne de mes nouveaux couples, ne vaut plus que 154 $\frac{\text{Bi} - \text{Cu}}{0^\circ - 100^\circ}$; d'où il résulte que si l'on veut comparer les résultats de mes nouvelles expériences à ceux que j'ai obtenus en 1868, il faut multiplier tous les chiffres obtenus en dernier lieu par le coefficient $\frac{197}{154}$ $= 1{,}28$.

§ 2. — *Variations de la force électromotrice de la pile Delaurier.*

1° On trouvera dans le tableau n° 1 les valeurs successives de la force électromotrice de cinq couples Delaurier qui, montés en même temps (le 10 juin), sont depuis lors restés constamment inactifs. On voit, à l'inspection du tableau, que la force électromotrice a diminué sensiblement pendant le premier mois, puis qu'elle est restée à fort peu près stationnaire. Il semble résulter de là que le couple Delaurier ne s'altère point d'une matière notable tant qu'il n'est pas mis en activité; mais cette conclusion pourtant ne doit être admise qu'avec réserve. Un couple monté depuis quatre ou cinq mois posssède la même force électromotrice qu'un autre couple monté depuis quinze jours ou trois semaines seulement; mais il ne s'ensuit pas nécessairement que les deux couples mis en activité dans les mêmes conditions se comporteraient de la même manière. En examinant un couple monté depuis plusieurs mois, j'ai trouvé dans le vase poreux une quantité assez notable de cristaux d'alun de chrome, bien que le circuit du couple n'eût été fermé

que pendant quelques instants. Il me paraît donc certain que le liquide se modifie, même lorsque le courant ne passe pas et, cette modification doit influer sur la constance de la pile lorsqu'elle vient à être mise en activité. Les expériences exécutées avec l'interrupteur Foucault, dont il sera question plus loin (4°), paraissent prouver qu'il en est réellement ainsi.

2° Le tableau n° 2 contient les résultats fournis par les couples qui ont marché d'une manière continue. D'après ce tableau les couples n°s 1 et 2 mis en activité le 10 juin n'ont plus, le 13 juillet, qu'une force électromotrice inférieure à 250 $\left(\frac{\text{Bi} - \text{Cu}}{0° - 100°}\right)$. La force électromotrice du couple n° 8 mis en activité le 25 août est tombée dès le 21 septembre au-dessous de 250.

Ainsi lorsqu'un couple Delaurier marche d'une manière continue en développant un courant d'intensité 17 degrés, il peut être considéré comme hors de service au bout de trois ou quatre semaines; il n'est pas épuisé sans doute au bout de ce temps puisque sa force électromotrice (250) est encore très-supérieure à celle d'un élément de Daniell (154); mais on ne pourrait plus l'employer avec sécurité parce que la force électromotrice décroît avec une rapidité très-grande à partir du moment où elle est descendue au-dessous de 250 unités; il faut d'ailleurs remarquer que la force électromotrice est loin de rester constante même dans le courant d'un mois; elle varie dans cet intervalle de 295 à 240 unités environ, de telle sorte que s'il était nécessaire de maintenir constante l'intensité 17 degrés, il faudrait graduellement augmenter le nombre des couples employés, et l'augmenter dans le rapport de quatre à cinq ou à peu près.

3° Le tableau n° 3 se rapporte à la série du trem-

bleur. Des chiffres contenus dans ce tableau il résulte que lorsque le courant est interrompu par le moyen du trembleur, et se trouve ainsi réduit à une intensité moyenne voisine de 3°, la pile peut rester en marche pendant 17 ou 18 semaines avant que sa force électromotrice tombe au-dessous de 250 unités.

4° Enfin le tableau n° 4 renferme les résultats fournis par la série de l'interrupteur Foucault. Cette série n'a été mise en activité que le 16 septembre parce que c'est vers cette époque seulement que l'interrupteur a été mis à ma disposition.

J'ai trouvé ce résultat singulier qu'en moins de trois semaines la force électromotrice des couples Delaurier nos 13 et 14 est tombée au-dessous de 250 unités. Ces couples se sont épuisés plus rapidement que ceux de la série n° 1 dont le courant n'était pas interrompu. Ce résultat étrange me paraît tenir à ce que les couples nos 13 et 14 avaient été montés dès le 10 juin ; depuis lors ils n'avaient été employés que pour les expériences relatives aux isolateurs et par conséquent on peut dire qu'ils étaient restés inactifs; mais il est probable, comme je l'ai fait remarquer plus haut (1°) que même dans l'état d'inaction de la pile, le liquide se modifie et devient moins propre à effectuer la dépolarisation.

L'exactitude de cette explication ne paraît pas douteuse lorsqu'on considère les résultats fournis par les couples 15 et 16 que l'on trouvera dans le même tableau n° 4. Ces couples ont été disposés comme ceux de M. Delaurier, avec cette unique différence que le sel excitateur de M. Delaurier a été remplacé par le mélange de bichromate de potasse et d'acide sulfurique dont M. Poggendorff a donné la formule ; comme je le dirai plus loin, ce mélange me paraît être tout à fait équivalent au sel Delaurier,

et par conséquent je crois que les couples 15 et 16 peuvent être considérés comme des couples Delaurier. Or la force électromotrice des couples 15 et 16 est encore aujourd'hui, après 6 semaines de marche, supérieure à 250. Il me paraît donc certain que l'épuisement si rapide des couples 13 et 14 tient à cette circonstance qu'ils étaient montés depuis plusieurs mois déjà lorsqu'on les a mis en activité.

Conclusions.

Des expériences dont je viens de rendre compte il résulte que la pile Delaurier, comme toutes les piles au bichromate de potasse, se polarise avec une grande facilité ; elle est beaucoup moins constante que la pile de Daniell et même que les piles de Marié Davy et Leclanché, et l'on ne pourrait pas l'employer pour développer un courant tant soit peu énergique, s'il était nécessaire que ce courant fût maintenu constant pendant une période de temps un peu longue. Mais quand on n'a besoin que d'un courant assez faible et souvent interrompu pendant de longs intervalles, comme c'est le cas de la télégraphie, je crois que l'on peut très-bien se servir de la pile Delaurier ; elle a le mérite de tenir moins de place que la pile de Daniell, elle ne dégage pas de vapeurs malfaisantes comme la pile Leclanché, et ne contient pas, comme celle de Marié Davy, de matières vénéneuses d'un maniement dangereux. Je suis porté à croire d'ailleurs que son emploi offrirait de l'économie, bien que je n'aie pas les données nécessaires pour établir exactement les prix de revient comparatifs des diverses piles dont on peut faire usage.

§ 3. — *Observations relatives au sel excitateur de M. Delaurier.*

Comme on le sait, c'est M. Poggendorff qui le premier a fait connaître la pile au bichromate de potasse, et pour empêcher la polarisation du charbon, il s'est servi d'un mélange composé de 3 parties en poids de bichromate de potasse et de 4 parties d'acide sulfurique; j'ai fait un assez grand nombre d'expériences pour reconnaître si le sel de M. Delaurier agit plus ou moins efficacement que le mélange de M. Poggendorff.

Dans la série (n° 4) de l'interrupteur Foucault, les couples Delaurier n°s 13 et 14 se sont affaiblis beaucoup plus rapidement que les couples n°s 15 et 16 pour lesquels le sel Delaurier a été remplacé par le mélange de Poggendorff; mais, comme je l'ai dit plus haut, ce résultat peut tenir et tient très-probablement à ce que les couples n°s 15 et 16 venaient d'être montés lorsqu'on les a mis en activité, tandis que les n°s 13 et 14 étaient montés depuis plusieurs mois.

Dans la série (n° 3) du trembleur, les couples n°s 11 et 12, chargés avec le mélange Poggendorff, conservent, après 13 semaines de marche, une force électromotrice à peu près égale à celle que possédaient au bout du même temps les couples Delaurier.

Enfin dans la série (n° 2) en marche continue, la force électromotrice du couple n° 9 (mélange Poggendorff) n'est tombée qu'au bout de 6 semaines au-dessous de la valeur 250 unités, tandis que les couples Delaurier n°s 1 et 2 sont arrivés à cette limite dans l'espace de 5 semaines environ ; il est vrai que le couple n° 10 de la même série, également chargé avec le mélange Poggen-

dorff, n'a mis que 3 semaines à atteindre la valeur 250; mais le couple Delaurier, mis en activité en même temps que le n° 10 pour servir de terme de comparaison, s'est usé tout aussi vite.

En résumé je considère le mélange indiqué par M. Poggendorff comme tout à fait équivalent au sel Delaurier, et il y aurait, je crois, quelque économie à employer ce mélange. D'après les prix qui m'ont été indiqués, 300 grammes sel Delaurier à $1^{f},50$ le kilogramme coûtent $0^{f},45$, tandis que le mélange Poggendorff coûterait :

130 gr. bichromate de potasse à $2^{f},50$ le kilogr. .	$0^{f},325$	$0^{f},347$
170 gr. acide sulfurique à $0^{f},13$ le kilogr. . . .	$0^{f},022$	

mais il faut le reconnaître, le sel Delaurier est d'un emploi plus commode. Il serait à désirer seulement que le fabricant voulût bien le livrer dans de petits vases contenant la charge d'un ou deux couples seulement. Il a coutume de l'expédier dans de grandes touries, et lorsque ces touries restent en vidange, l'acide sulfurique attire très-rapidement l'humidité de l'air, de sorte que le sel se transforme au bout de quelque temps en une sorte de bouillie d'une manipulation difficile.

Nota. — J'ai fait encore beaucoup d'expériences dans le but de reconnaître si la disposition adoptée par M. Delaurier est préférable aux autres dispositions que l'on a données ou que l'on pourrait donner à la pile au bichromate de potasse ; mais je n'ai point terminé les recherches entreprises dans cette direction.

Tableau 1. — *Série restée inactive.*

DATES.	COUPLES DELAURIER.				
	N° 81.	N° 82.	N° 83.	N° 84.	N° 85.
10 juin	294,5				
23 juin	296,9	296,3	296,9	296,2	296,9
29 juin	294,0	293,7	293,2	29[illegible],8	294,0
7 juillet	284,1	284,1	283,7	282,9	284,1
13 juillet	288,3	288,3	288,6	288,6	288,1
20 juillet	287,3	287,3	288,1	288,1	287,8
27 juillet	286,6	286,6	287,8	288,2	288,2
3 août	283,2	283,2	284,0	284,0	283,2
10 août	284,2	285,0	285,0	285,0	284,2
17 août	283,5	283,1	283,9	284,0	283,5
24 août	282,2	281,9	282,5	282,5	282,5
31 août	280,1	279,3	280,6	280,6	280,6
7 septembre	281,9	281,5	282,7	283,1	282,7
14 septembre	287,0	286,6	287,4	287,8	287,4
21 septembre	281,3	280,9	282,1	282,5	282,9
29 septembre	283,8	283,1	284,2	284,6	284,8
6 octobre	282,5	281,5	282,1	283,3	283,3
13 octobre	280,9	280,9	281,7	282,4	282,4
19 octobre	278,7	278,3	278,7	178,4	278,6

Tableau 2. — *Série en marche continue.*

DATES. 1874.	COUPLES DELAURIER.			DISPOSITION DELAURIER. MÉLANGE POGGENDORFF.	
	N° 1.	N° 2.	N° 8.	N° 9.	N° 10.
10 juin	292,5	292,2	»	»	»
15 juin	273,3	273,9	»	»	»
23 juin	276,1	275,4	»	»	»
24 juin	»	»	»	315,5	»
29 juin	272,8	270,5	»	288,4	»
7 juillet	259,7	255,8	»	277,4	»
13 juillet	254,6	250,6	»	281,3	»
20 juillet	254,0	250,3	»	269,5	»
27 juillet	155,8	127,6	»	267,3	»
3 août	44,7	103,3	»	258,9	»
10 août	»	»	»	249,2	»
17 août	»	»	»	235,5	»
24 août	»	»	»	187,3	»
31 août	»	»	264,5	−2,4	279,0
7 septembre	»	»	265,1	»	321,0
14 septembre	»	»	262,1	»	259,3
21 septembre	»	»	241,1	»	193,8
29 septembre	»	»	105,6	»	55,1

TABLEAU 3. — *Série du Trembleur.*

DATES. 1874.	COUPLES DELAURIER.					DISPOS. DELAURIER. MÉL. POGGENDORFF.	
	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.	N° 11.	N° 12.
9 juin. . .	293,2	294,3	»	»	»	»	»
15 juin. . .	281,4	283,7	286,1	284,5	284,5	»	»
23 juin. . .	291,7	291,7	294,7	292,7	294,7	»	»
29 juin. . .	289,2	293,7	293,2	292,8	294,0	»	»
7 juillet. .	277,0	277,0	278.8	276,9	278,4	»	»
13 juillet. .	281,8	281,9	284,1	281,9	283,5	»	»
20 juillet. .	280,7	281,0	283,3	280,7	282,2	»	»
27 juillet. .	278,7	279,4	280,9	277,9	280,9	293,6	299.5
3 août. . .	»	»	277,9	274,8	276,7	286,3	286,3
10 août. . .	»	»	277,2	272,7	276,5	284.1	284,8
17 août. . .	»	»	276,4	269,2	274,8	283.2	283,2
24 août. . .	»	»	273,2	268 0	279,9	280,8	281,6
31 août. . .	»	»	270,7	256,0	271,0	280.6	281,4
7 septemb.	»	»	271,3	253,5	270,4	280,9	282,4
14 septemb.	»	»	271,8	253,5	270,4	283,6	285,2
21 septemb.	»	»	265,6	248,8	262,9	278,7	280,9
29 septemb.	»	»	254,8	245,1	252 8	281.0	283 0
6 octobre.	»	»	251,2	240,8	248,8	276,0	279,0
13 octobre..	»	»	245,0	232,1	244 3	270,8	276,2
19 octobre..	»	»	238,1	224,5	237,5	264,1	273,9
26 octobre..	»	»	233,6	219,8	232,8	263,2	272,0

TABLEAU 4. — *Série de l'interrupteur Foucault.*

DATES. 1874.	COUPLES DELAURIER.		DISPOSITION DELAURIER. MÉLANGE POGGENDORFF.	
	N° 13.	N° 14.	N° 15.	N° 16.
21 septembre.	246,5	246,5	291,6	294,7
29 septembre.	259,8	256,4	300,0	298,4
6 octobre.	236,7	233,5	287,3	281,7
13 octobre	231,9	226,5	286,2	281,6
19 octobre..	210,7	190,0	275 0	266,4
26 octobre..	194,6	144,8	276,9	268,2

§ 4. — *Dispositions diverses de la pile au bichromate de potasse.*

J'ai essayé de disposer la pile au bichromate de potasse comme M. Callaud dispose la pile au sulfate de cuivre : je me suis servi pour cela des vases de verre et des cylindres de zinc que l'administration a coutume d'employer pour ses piles Callaud; j'ai remplacé seulement l'électrode de cuivre par une électrode en charbon, et le sulfate de cuivre par le sel de M. Delaurier ou le mélange de Poggendorff. J'ai employé comme électrodes, des plaques de charbon de forme hexagonale dont le plus grand diamètre était de $0^{m},05$ environ; au centre de chacune de ces plaques était fixée une tige de cuivre, et cette tige était enveloppée de gutta-percha sur toute la partie de sa longueur qui devait rester plongée dans la liqueur du couple.

Un couple disposé comme je viens de l'indiquer a été introduit le 12 juin dans la série n° 2 (marche continue), et j'ai constaté les variations de sa force électromotrice comme je le faisais pour les couples Delaurier de la même série. J'ai trouvé avec quelque surprise qu'en une douzaine de jours la valeur de cette force est tombée à 250 unités. La polarisation a été plus rapide de beaucoup que dans le cas du couple Delaurier.

J'ai pensé que ce résultat devait tenir, en partie du moins, au peu d'étendue de la surface de l'électrode-charbon. Dans un rapport antérieur, j'ai établi une relation très-simple entre la grandeur d'un couple, l'intensité du courant et la polarisation que le couple subit sous l'influence du courant (*) ; elle consiste en ce que la

(*) Voir *Annales*, t. III, p. 155 et 156.

polarisation conserve la même valeur lorsque la grandeur du couple et l'intensité du courant varient dans le même rapport. Cette relation n'a été expérimentalement vérifiée que pour les piles de Marié Davy et de Leclanché, mais il paraît évident qu'elle doit subsister pour toute espèce de pile. J'ai donc pensé qu'on diminuerait la polarisation du couple au bichromate de potasse (disposition Callaud) en augmentant la surface de son électrode-charbon. Pour cela j'ai entouré de fragments de charbon le prisme hexagonal qui m'avait servi d'électrode dans la première expérience ; le couple ainsi modifié a été mis en activité le 20 juillet, en même temps qu'un autre couple tout semblable, mais dont l'électrode n'était pas entourée de fragments de charbon : les valeurs successives de la force électromotrice se trouvent indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 5.

DATES.	COUPLE AVEC FRAGMENTS de charbon.	COUPLE SANS FRAGMENTS de charbon.
20 juillet.	291,8	290,4
27 juillet.	291,9	261,7
3 août.	258,9	231,5
10 août.	241,2	203,1
17 août.	199,2	94,8
24 août.	96,6	20,3

Comme je l'avais prévu, le couple dont l'électrode était un prisme entouré de fragments de charbon s'est polarisé moins rapidement que celui dont l'électrode était formée simplement d'un prisme ; mais il s'est encore polarisé très-vite, plus vite que le couple Delaurier ; il n'a pas fallu beaucoup plus de 15 jours pour amener la valeur de sa force électromotrice à 250 unités. En recher-

chant la cause de cette polarisation rapide, j'ai été amené à penser qu'elle devait tenir à ce que le bichromate de potasse était mis à l'état solide sur l'électrode-charbon ; cette électrode se trouvant ainsi presque complétement enveloppée d'une couche de sel dépourvu de conductibilité ne présente au courant qu'une surface *libre* de peu d'étendue, même quand la surface totale est assez considérable. Pour vérifier l'exactitude de cette interprétation, j'ai fait les expériences suivantes : j'ai disposé suivant le système de M. Callaud trois couples avec les modifications que je vais indiquer. Le couple n° 19 a été disposé exactement comme ceux des expériences précédentes, sans aucun diaphragme poreux ; dans les couples n°s 17 et 20, l'électrode-charbon a été recouverte d'un petit pot à fleurs renversé ; mais tandis que le bichromate de de potasse a été placé sous ce vase pour le n° 17, il a été mis en dehors pour le n° 20. Les prismes de charbon qui formaient les électrodes des 3 couples ont tous été également entourés de fragments de charbon ; les 3 couples ont été introduits dans la série de l'interrupteur Foucault et mis en activité le 16 septembre, en même temps que les couples 13, 15 et 16 du système Delaurier (tableau n° 4). Pour servir de terme de comparaison, on a reproduit dans le tableau suivant les valeurs des forces électromotrices du couple n° 16 empruntées au tableau n° 4.

TABLEAU 6.

DATES.	COUPLE DELAURIER.	COUPLES DISPOSÉS SUIVANT LE SYSTÈME CALLAUD.		
	N° 16.	N° 17.	N° 19.	N° 20.
21 septembre.	294,7	279,9	285,3	285,3
29 septembre.	298,4	282,5	286,2	285,4
6 octobre.	281,7	270,2	275,8	276,6
13 octobre.	281,6	263,8	265,7	271,9
19 octobre.	266,4	225,1	223,4	264,8
26 octobre	268,2	209,9	203,3	266,5
2 novembre.	262,7	192,4	168,8	249,2

On voit que les couples n°s 17 et 19 se sont à peu près comportés de la même manière, mais que le couple n° 20 s'est polarisé moins rapidement que les deux autres. Il résulte de là que le vase employé comme diaphragme ne retarde pas la polarisation en modifiant la direction du courant, que son rôle consiste uniquement à empêcher le bichromate de potasse de recouvrir la surface de l'électrode-charbon. Lorsque cette condition se trouve remplie, le couple au bichromate de potasse disposé suivant le système Callaud ne se polarise pas plus rapidement que le couple Delaurier.

Cette conclusion se trouve confirmée par la série d'expériences suivantes, dans laquelle on a comparé un couple Delaurier (n° 22) et un couple (n° 21) disposé comme le n° 20 de la précédente série. Les deux couples, mis en activité le 20 octobre, ont marché d'une manière continue, et le courant a été réglé comme dans les expériences du tableau n° 2, de manière à donner 17° déviation au multiplicateur conique.

TABLEAU 7.

DATES.	NUMÉRO 22.	NUMÉRO 21.
20 octobre	306,8	272,4
26 octobre	255,4	273,6
2 novembre	263,4	271,3

Mon retour à Paris m'a forcé d'interrompre cette série avant qu'elle fût complétement terminée ; mais pendant le temps qu'ont duré les observations on voit que les deux couples se sont à peu près conduits de la même manière.

Des dernières expériences que j'ai mentionnées, il me paraît résulter nettement que, toutes choses égales d'ailleurs, la polarisation marche avec plus de rapidité lorsque la surface de l'électrode-charbon se trouve recouverte d'une matière solide non conductrice, en fragments ou en poussière. Pour mettre ce point tout à fait hors de doute, j'ai disposé un couple au bichromate de potasse suivant le système Callaud, et après avoir mis sur le charbon la quantité ordinaire de sel excitateur, j'ai placé au-dessus une couche de sable quartzeux de 2 ou 3 centimètres d'épaisseur ; ce couple ayant été mis en activité dans les mêmes conditions que ceux de la série n° 2, j'ai constaté qu'au bout de huit jours sa force électromotrice se trouvait réduite à 195,2 unités. La polarisation a marché beaucoup plus rapidement que dans les autres couples disposés de la même manière, sans couche de sable. Le sable a pour effet de réduire la surface *libre* de l'électrode, et peut-être aussi agit-il d'une autre manière en gênant les mouvements du liquide autour de cette surface.

Je mentionnerai en terminant quelques observations

relatives à la pile Chutaux. J'ai mis en expérience deux couples de ce système ; ces couples ont été mis en activité le 2 juillet, dans les mêmes conditions que les couples de la série n° 2, et l'on trouvera dans le tableau suivant les valeurs successives de leurs forces électromotrices.

Tableau 8. — *Pile Chutaux.*

DATES.	NUMÉRO 1.	NUMÉRO 2.
2 juillet	294,3	
7 juillet	174,7	181,3
13 juillet	156,2	161,3
20 juillet	156,0	175,4
27 juillet	146,8	165,7
3 août	126,0	152,1
10 août	52,2	134,7

Comme on le voit, la pile Chutaux se polarise très-rapidement lorsqu'elle marche d'une manière continue, même quand elle ne développe qu'un faible courant. Cette polarisation rapide ne peut pas être attribuée à la circulation du liquide; je considère cette circulation comme à peu près illusoire, mais si elle ne produit point d'effet utile, elle ne peut être nuisible. Il me paraît certain, d'après ce que j'ai dit plus haut, que la rapidité de la polarisation est due à cette circonstance que l'électrode-charbon se trouve séparée de l'électrode-zinc par une couche de sable tassée.

10 décembre 1874.

NOTE

SUR

LE RHÉOTOME A DIRECTION CONSTANTE

DE M. DUCRÉTET.

Dans un article publié par le *Journal de physique* et reproduit par les *Annales* (*), M. Ducrétet appelle l'attention sur la résistance au *passage* qui caractérise l'aluminium formant l'électrode positive d'un voltamètre, et il pense que cette propriété est susceptible d'être utilisée en télégraphie. Le rhéotome à direction constante dont il propose l'emploi pourrait en effet recevoir quelques applications, mais aux conditions suivantes :

Il faudrait : 1° qu'il remplît, en quelque sorte, l'office d'une soupape très-sensible, hermétiquement fermée lorsque le courant positif y pénètre par l'aluminium, et instantanément ouverte quand ce métal devient l'électrode négative ;

2° Qu'il offrît les garanties d'un fonctionnement régulier et constant ;

3° Enfin que son liquide conducteur ne donnât naissance à aucun oxyde ou sel soluble, en se combinant avec l'aluminium.

Pour étudier la question à ce triple point de vue, je me suis servi de cinq voltamètres dont le liquide était soit de l'eau mélangée avec de l'acide sulfurique, soit

(*) Numéro de septembre-octobre 1875.

une dissolution de bichromate de potasse à divers degrés de concentration, soit une dissolution de phosphate de soude.

J'ai tout d'abord mesuré leur résistance en prenant l'aluminium tantôt pour électrode positive, tantôt pour électrode négative. J'ai introduit ensuite chacun d'eux, à tour de rôle, dans le circuit d'une pile de 10 éléments Leclanché, avec un inverseur et une sonnerie à trembleur très-sensible, pour constater les effets d'un changement presque instantané de direction du courant.

Voici les résultats que ces essais ont mis à jour :

1° Au moment où l'on plonge les deux électrodes dans le liquide, la sonnerie marche avec force ; mais ses oscillations deviennent bientôt moins accentuées et s'éteignent après un temps très-court, une ou deux minutes au plus, tandis qu'elles persistent avec énergie lorsque le platine est l'électrode positive. Après la période de début, on peut inverser le courant à toute vitesse sans que la sonnerie fonctionne, lorsque le fluide positif arrive par l'aluminium. Toutefois ce métal n'intercepte pas le courant d'une manière absolue. Il oppose une résistance qui égale 4.000 unités au bout de quelques secondes, et atteint son maximum (de 10 à 20.000 unités suivant le liquide employé) lorsque le circuit reste fermé pendant 4 ou 5 minutes. Si l'on change la direction du courant, cette résistance est réduite à 160 ou 200 unités.

2° C'est le bichromate de potasse qui m'a donné les résultats les plus constants et les plus énergiques. Une dissolution de ce sel, maintenue à saturation au moyen de quelques cristaux, ne paraît pas avoir endommagé l'aluminium que j'y ai tenu plongé pendant plusieurs jours.

Il n'en est pas de même de l'eau rendue conductrice

à l'aide de l'acide sulfurique. Lorsqu'elle est très-peu acidulée, la liqueur, d'abord très-efficace, s'affaiblit rapidement, et le rhéotome devient presque inerte. La rend-on plus active, l'aluminium peut être attaqué au bout de quelques heures, et se dissout à l'état de sulfate d'alumine.

Cet inconvénient ne serait pas à craindre avec le phosphate de soude, dont la décomposition donnerait lieu à un sel d'alumine insoluble. Mais avec ce produit, la propriété caractéristique de l'aluminium ne se manifeste pas à un degré satisfaisant; son emploi doit donc être rejeté.

3° L'aluminium destiné aux expériences de laboratoire se trouve généralement dans le commerce sous forme de feuilles très-minces ou de fils de quelques millimètres de diamètre. Il a donc dû être tréfilé ou passé au laminoir, et, par suite, il peut contenir accidentellement à sa surface quelques parcelles de corps étrangers qui s'y incrustent et suffisent pour lui enlever toute son effficacité. De nombreux essais me l'ont démontré à l'évidence. Pour construire un bon rhéotome, il est donc indispensable de n'employer que du métal parfaitement pur.

On peut éluder en partie la difficulté en ne plongeant que d'un centimètre au plus la lame d'aluminium dans le liquide ; on obtient ainsi un contact très suffisant, et l'électrode s'oxyde avec plus de rapidité et d'uniformité.

Moyennant toutes ces précautions, j'ai pu réaliser des rhéotomes qui n'ont pas cessé de fonctionner avec régularité.

4° La propriété dont jouit l'aluminium n'étant pas autre chose qu'une résistance plus ou moins grande au passage, est d'autant moins accentuée que la pile dont on

dispose a une énergie plus grande. Mais on parvient toujours à atteindre le but poursuivi en accouplant plusieurs rhéotomes de telle sorte que leurs effets s'ajoutent.

De ce qui précède il ressort que l'arrêt du fluide par l'aluminium n'est pas instantané à tout moment, et que ce métal ne joue pas le rôle d'une soupape complétement hermétique. Je ne vois pas, dès lors, que le rhéotome liquide puisse faciliter, comme le suppose M. Ducrétet, la solution du problème de la transmission simultanée ou le fonctionnement d'appareils basés sur l'emploi des deux courants. Mais, dans une sphère plus modeste, il peut être appelé à rendre de réels services. Ainsi, je crois qu'il remplacerait avantageusement le rappel par inversion de courant dont on fait usage dans tous les postes desservis en dérivation par un même fil. Il permettrait d'abord de réaliser une économie assez sérieuse, puisque son prix de revient ne dépasserait pas 1f,50 tandis que le rappel aimanté coûte 28 francs, sans compter la bobine qu'il faut presque toujours introduire dans le circuit de l'un des bureaux pour égaliser les résistances.

En second lieu, avec l'installation actuelle, une notable partie du fluide s'écoule inutilement à la terre par l'une des dérivations. Si le rhéotome était substitué à l'appareil de rappel, il isolerait presque complétement le poste qui ne doit pas recevoir, ce qui permettrait sans doute de correspondre avec des piles moins énergiques.

Enfin, et cet avantage n'est pas le moins précieux, avec le rhéotome, les conséquences des dérangements produits dans les bobines des paratonnerres par l'électricité atmosphérique seraient sensiblement atténués. Il suffirait de l'intercaler, dans ce but, entre le paratonnerre

et la ligne. Si la bobine est brûlée, l'effet de la perte à la terre qui en résulte sera limité au poste où elle se produira et n'affectera, en aucune manière, le travail du bureau placé sur l'autre dérivation.

E. CAEL.

APPLICATION DU TÉLÉGRAPHE

A LA MÉTÉOROLOGIE.

Texte et figures extraits des *Systèmes télégraphiques aériens, électriques, pneumatiques*, par M. Ch. Bontemps, sous-inspecteur des lignes télégraphiques. Paris, chez Dunod, 1876.

M. Marié-Davy, dans son savant ouvrage (*), traite avec de grands développements cette question de l'application du télégraphe à la météorologie; nous en donnerons ici un court aperçu.

Dès la seconde moitié du siècle dernier, des observations régulières avaient été, dit-il, instituées en des points nombreux de l'Europe, et notamment en France. Deux notes renfermées dans le troisième volume des œuvres de Lavoisier indiquent l'importance de la question.

Dans la première, Lavoisier expose que les observations de Borda sur la possibilité de prédire le temps l'ayant frappé par leur importance, il s'entendit avec lui et plusieurs savants pour établir des baromètres comparables en plusieurs points de la France, de l'Europe et même de l'univers. Un grand nombre de ces instruments furent distribués par Lavoisier, et se trouvaient encore dans quelques châteaux il y a peu d'années.

Lavoisier reproduit dans la seconde note les règles pour prédire le temps, et il conclut en ces termes : « La

(*) *Des mouvements de l'atmosphère*, par M. Marié-Davy. — Paris, 1866, Victor Masson, éditeur.

« prédiction des changements qui doivent arriver au « temps est un art qui a ses principes et ses règles, et « qui exige une grande expérience et l'attention d'un « physicien très-exercé. Les données nécessaires pour « cet art sont : l'observation habituelle et journalière « des variations de la hauteur du mercure dans le ba- « romètre, la force et la direction des vents à différentes « élévations, l'état hygrométrique de l'air.

« Avec toutes ces données, il est presque toujours « possible de prévoir un jour ou deux d'avance, avec « une très-grande probabililé, le temps qu'il doit faire ; « on pense même qu'il ne serait pas impossible de pu- « blier tous les matins un journal de prédictions qui « serait d'une très-grande utilité pour la société. »

A l'époque où Lavoisier procédait à cette organisation, il ne pouvait user d'aucun des moyens de communication rapide mis à notre disposition. Ses idées cependant avaient assez frappé l'opinion publique pour que quelques années après, en 1793, Romme, député à la Constituante, chargé de présenter à cette assemblée, un rapport sur le télégraphe aérien de Chappe, n'oubliât pas de mentionner, au nombre des avantages présentés par la nouvelle institution, la possibilité pour les physiciens de prévoir l'arrivée des tempêtes et d'en donner avis aux ports et aux cultivateurs.

Bulletin international de l'Observatoire.

Cinquante ans après, H. Piddington appela de nouveau l'attention sur ce point. Dans un mémoire, publié en 1842, il montra les avantages que la navigation pourrait retirer de l'emploi du télégraphe pour donner avis aux ports de l'approche des ouragans.

En 1852, les fondateurs de la Société météorologique de France écrivaient dans leur circulaire aux physiciens : « Avant peu l'Europe entière sera sillonnée de fils mé- « talliques qui feront disparaître les distances et per- « mettront de signaler les phénomènes atmosphériques « à mesure qu'ils se produiront, et d'en prévoir ainsi les « conséquences les plus éloignées. »

En 1855, cette idée entra définitivement dans la pratique.

M. Le Verrier, répondant à M. Matteuci, rappelait l'ouragan qui, le 14 novembre 1854, causa de si nombreux sinistres dans la mer Noire et amena la perte du vaisseau *le Henri IV*. Le même jour, ou à un jour d'intervalle, suivant les localités, des coups de vent éclatèrent dans l'ouest de l'Europe, sur l'Autriche et sur l'Algérie, Le phénomène semblait donc s'être étendu sur une immense surface.

Sur l'invitation du maréchal Vaillant, M. Le Verrier adressa une circulaire aux astronomes et aux météorologistes de tous les pays, en les priant de lui transmettre les renseignements qu'ils auraient pu recueillir sur l'état de l'atmosphère pendant les journées des 12, 13, 14, 15 et 16 novembre 1854. En réponse à cette circulaire, l'Observatoire reçut plus de deux cent cinquante envois de documents.

Le 16 février 1855, M. Le Verrier soumet à l'empereur le projet d'un vaste réseau de météorologie destiné à avertir les marins de l'arrivée des tempêtes. Ce projet fut exécuté avec le concours de l'administration des lignes télégraphiques. Deux jours après, 19 février 1855, l'Académie reçut une carte de l'état atmosphérique de la France le jour même, à dix heures du matin.

Les bureaux de météorologie télégraphique s'installè-

rent rapidement en France; l'organisation du réseau était terminée en 1856. En 1857, l'Observatoire de Paris recevait des observations de Bruxelles, Genève, Madrid, Rome, Turin, etc.

Le but de la nouvelle organisation est le suivant : signaler un ouragan dès qu'il apparaîtra en un point de l'Europe, le suivre dans sa marche au moyen du télégraphe, et informer en temps utile les côtes qu'il pourra visiter. Pour atteindre ce but, il sera nécessaire d'employer toutes les ressources du réseau européen, et de faire converger les observations vers un centre principal d'où l'on puisse avertir les points menacés par la progression de la tempête.

Depuis 1863, l'Observatoire se trouve en relations télégraphiques journalières avec cinquante-neuf stations météorologiques, réparties sur toute la surface de l'Europe. Les observations du thermomètre, du baromètre, de l'état du ciel et des vents, faites en ces diverses stations à huit heures du matin, sont expédiées à Paris et réunies à l'Observatoire généralement avant onze heures du matin; quelques dépêches seulement se trouvent accidentellement en retard à cause de la distance ou de difficultés survenues dans les transmissions.

Ces observations, dont quelques-unes sont en langue étrangère ou faites avec des instruments dont la graduation diffère de la graduation française, sont traduites et ramenées aux unités communes. Les hauteurs du baromètre sont de plus corrigées de la température et de l'élévation de chaque station au-dessus du niveau de la mer.

Les résultats traduits et corrigées sont publiés dans la première page d'un bulletin quotidien international dont nous donnons ci-après un spécimen.

Ces données sont chaque matin pointées sur une carte conformément aux conventions suivantes (*fig.* 1, p. 268).

En chaque station on décrit un très-petit cercle dont la circonférence est mince lorsque le ciel est beau; quand le ciel est nuageux, on marque un point noir au centre du cercle; si le ciel est couvert, on épaissit la circonférence; s'il pleut, le cercle est entièrement noir.

A partir de la circonférence, on mène une ligne dans la direction d'où vient le vent et l'on garnit l'un des côtés de cette ligne de barbes croissant avec la force du vent, depuis zéro correspondant à un vent très-faible, jusqu'à 6 correspondant à un vent violent.

A côté du même cercle on inscrit la pression barométrique observée, en supprimant le premier chiffre 7, pour ne pas surcharger la carte.

L'état de la mer est figuré par un groupe de points dont le nombre augmente avec le degré d'agitation, depuis 1, qui correspond au calme, jusqu'à 9, qui correspond à une mer furieuse.

La température est l'objet d'un examen à part.

Les documents étant ainsi transportés sur la carte, on trace des lignes d'égale pression barométrique en se guidant sur les chiffres inscrits près de chaque station. Ces lignes correspondent toujours à des pressions variant de 5 en 5 millimètres à partir de la pression 760, afin de rendre les comparaisons plus faciles d'une carte à l'autre.

On a reproduit dans la *fig.* 1 une portion de la carte synoptique du 15 novembre 1864 construite conformément aux conventions précédentes, à l'aide des documents de la page 260. Plusieurs des observations d'Espagne et d'Italie n'étaient pas parvenues en temps utile à cause de l'état de l'atmosphère; par contre, à cause de

BULLETIN INTERNATIONAL DU 15 NOVEMBRE 1864.

État atmosphérique de l'Europe à 8 heures du matin.

STATIONS.	BAROM.	THERM.	VENTS INFÉRIEURS.	CIEL.	MER.	VENTS la veille, soir.
	millim.	degrés.				
Paris.	736,5	7,4	S. S. O. faible	Sombre.	»	S. O. assez fort.
Strasbourg.	741,1	7,3	S. assez fort.	Nuageux.	»	»
Mézières.	737,2	9,5	S. O. faible.	Pluvieux.	»	»
Dunkerque.	733,0	5,5	S. très-faible.	Nuageux.	Belle.	S. O. modéré.
Boulogne.	732,0	7,0	S. S. O. fort.	Pluvieux.	Agitée.	O. S. O. fort.
Le Havre.	733,9	10,0	S. S. O. très-fort.	Couvert.	Peu houleuse.	S. O. assez fort.
Cherbourg.	731,9	10,2	S. O. assez fort.	Pluie.	Peu agitée.	S. O. assez fort.
Brest.	733,9	10,6	N. O. fort.	Nuageux.	Houleuse.	O. S. O. fort.
Lorient.	733,6	11,8	O. coup de vent.	Pluie.	Très-grosse.	O. assez fort.
Napoléon-Vendée.	737,3	9,8	S. O. fort.	Couvert, pluie.	»	»
Rochefort.	738,4	9,6	O. assez fort.	Pluvieux.	Grosse.	O. assez fort.
Limoges.	743,4	5,0	S. E. faible.	Pluie.	»	»
Montauban.	746,5	8,0	S. O. faible.	Couvert.	»	»
Bordeaux.	742,8	10,3	O. impétueux.	Pluie.	»	O. très-fort.
Montpellier.	747,9	8,9	S. O. faible.	Nuageux.	»	N. O. assez fort.
Cette.	»	»	O. S. O. modéré.	Nuageux.	Houleuse.	»
Marseille.	747,3	12,3	N. O. modéré.	Orageux.	Grosse.	N. E. modéré.
Toulon.	746,0	10,0	N. O. assez fort.	Couvert.	Très-agitée.	S. S. O. fort.
Antibes.	»	»	O. fort.	Horizon nuageux.	Houleuse.	O. S. O. fort.
Avignon.	»	8,8	S. E. presque nul.	Brouillard.	»	N. E. assez fort.
Lyon.	748,8	9,7	S. O. assez fort.	Nuageux.	»	»
Besançon.	745,1	8,7	O. assez fort.	Couvert.	»	»
Bruxelles.	735,0	8,0	S. faible.	Nuageux.	»	»
Greencastle.	734 9	8,3	E. N. E. faible.	Nuageux.	Belle.	E. N. E. assez fort.
Penzance.	732,5	10,0	N. O. assez fort.	Nuageux sombre.	Houleuse.	O. N. O. fort.
Naïrn.	736,7	6,7	E. assez fort.	Couvert, pluie.	Houleuse.	N. E. assez fort.
Greenwich.	731,1	5,1	Calme.	Peu nuageux.	»	»
Porto.	749,1	5,2	O. fort.	Couvert, pluie.	Agitée.	»
Barcelone.	745,8	13,3	O. très-fort.	Nuageux.	Houleuse.	»
Bilbao.	748,8	12,0	O. fort.	Couvert.	Très-houleuse	»
Turin.	753,6	5,5	S. O. faible.	Nuageux, brum.	»	»
Ancône.	745,6	12,9	S. O. faible.	Pluvieux.	Agitée.	S. S. E. faible.
Livourne.	744,3	15,5	O. S. O. fort.	Beau.	Tempête.	S. modéré.
Florence.	744 2	13,0	S. O. assez fort.	Couvert.	»	»
Vienne.	740,2	7,6	S. faible.	Très-nuageux.	»	»
Berne.	745,0	5,1	S. O. très-faible.	Nuageux.	»	E. presque nul.
Leipzig.	740,3	4,8	S. faible.	Pluvieux.	»	»
Le Helder.	733,5	3,0	S. S. O.	Nuageux.	Un peu agitée.	»
Groningue.	734,4	4,9	S. E. presque nul.	Couvert.	»	»
Stockholm.	741,3	1,4	E. N. E. faible.	Couvert, brouill.	»	»
Hernosand.	742,6	0,5	E. faible.	Couvert, neige.	»	»
Haparanda.	744,1	4,2	N. E. faible.	Couvert.	»	»
Skudesnoës.	737,5	5,2	E. assez fort.	Nuageux.	Ordinaire.	E. assez fort.
Pétersbourg.	744,6	0,1	S. O. faible.	Couvert.	»	»
Moscou.	750,5	1,3	Calme.	Nuageux.	»	»
Helsingfors.	738,9	1,4	Calme.	Couvert.	»	»
Libau.	739,5	2,5	E. faible.	Pluie.	»	»
Riga.	741,7	1,3	S. E. faible.	Couvert, brumeux.	»	»

la nature de la perturbation manifestée le 15 novembre, on a ajouté aux observations d'Angleterre, venues par télégraphe, d'autres observations tirées du bulletin de l'amiral Fitz-Roy.

La carte synoptique de chaque jour est insérée au bulletin à la suite des observations qui ont servi à l'établir ; elle forme la base du travail de discussion effectué quotidiennement à l'Observatoire sur l'état présent de l'atmosphère en Europe, et sur les changements qui s'y produisent ou s'y préparent. Le résumé de la situation est publié au bas de la carte, et un abrégé en est expédié par télégraphe aux ports de France et aux directions des divers services météorologiques de l'étranger. Cet abrégé est en outre accompagné d'appréciations sur le temps probable du lendemain, ou de ce que l'on nomme la *prévision du temps.*

La prévision du temps.

La discussion des éléments fournis par le bulletin journaliers et les registres de bord rapportés par les marins ont conduit M. Marié-Davy à cette conclusion : les changements de l'état de l'atmosphère dans une région déterminée de l'Europe sont le résultat direct des déplacements du lit d'un grand courant aérien venu de l'Atlantique, et du passage des mouvements tournants qui s'y produisent.

Le problème de la prévision du temps consiste dès lors à épier ces déplacements, à saisir les premiers signes de l'arrivée de chaque mouvement tournant, à déterminer l'étendue et l'intensité du météorore, la distance à laquelle il doit passer dans la région considérée, la direction qu'il doit suivre, la vitesse avec laquelle il se trans-

porte. Là s'arrête, pour le moment, le pouvoir de la science du temps.

Pour perfectionner cette science, il faudra, dans les cartes embrassant l'Europe et l'Atlantique, comprendre l'Amérique, puis l'océan Pacifique et enfin l'Asie. Dès maintenant des dépêches télégraphiques, venues de l'Amérique ou de Sibérie, nous permettraient de prévoir huit ou dix jours à l'avance les grands changements du temps; la prévision des détails sera nécessairement toujours plus limitée à cause de l'ignorance des perturbations locales.

Nous terminerons ces indications par quelques détails sur le service des avertissements en distinguant ceux qui s'adressent aux marins et ceux qui regardent les cultivateurs.

Service des ports. — Le service des avertissements aux ports était à peine organisé lorsqu'un violent ouragan vint en démontrer l'efficacité.

Le 28 novembre 1863, le *Bulletin international* annonçait la situation atmosphérique comme très douteuse; le 1er décembre, il signalait l'arrivée d'un tourbillon sur le nord-ouest de l'Angleterre. La tempête semblait devoir s'étendre à toute la France. Le 1er, à midi, tous les ports de l'Océan furent avertis; le 2, à 11 heures 30, les ports de la Méditerranée, déjà prévenus la veille, sont informés qu'ils sont fortement menacés. Madrid et Turin reçoivent des avertissements analogues concernant les côtes catalanes et celles du golfe de Gênes. Ces avis sont renouvelés à 1 heure 50 pour les côtes de Civita-Vecchia à Palerme.

« J'ai reçu dans la journée du 2, écrivait à M. Le Verrier le président de la chambre de commerce de Toulon, les deux dépêches annonçant qu'une tempête

allait envahir la France. Elles ont éte publiées et affichées sur l'heure, et les navires de commerce présents sur la rade ont pu prendre et ont pris immédiatement les mesures nécessaires pour parer à toute éventualité. La préfecture maritime, de son côté, ordonnait à tous les officiers à terre de regagner leur bord. La tempête s'est déchaînée vers trois heures et demie de l'après-midi. Le télégramme du 2, confirmant celui de la veille, avait donc gagné quatre heures d'avance sur la tempête, et tout était prêt pour y faire face. Il n'y a eu, grâce aux précautions prises, aucune avarie, aucun sinistre à déplorer.

« Hier, 3 décembre, le jour s'est levé dans une atmosphère chaude et calme, les probabilités indiquées pour la tempête du 3 par la dépêche du 2 indiquaient des rafales de S. O. ou de N O. C'était un démenti apparent donné par le temps à vos prévisions; mais avant quatre heures du soir les rafales du N. O se sont déchaînées, elles ont soufflé toute la nuit du 3 au 4; elles durent encore. »

La note suivante était publiée le 3 dans le *Journal de Gênes* : « Le présage de l'Observatoire de Paris s'est complétement réalisé. Les premiers signes de l'ouragan se sont fait sentir hier, vers 7 heures et demie du soir; dans la nuit, il s'est déchaîné furieux; il ne paraît pas toutefois que des sinistres aient eu lieu dans nos parages. Le commandant du port s'est hâté de prendre les mesures opportunes, et nous n'avons eu qu'à nous en louer. »

Le nombre de ces sinistres fut considérable dans la Manche et sur les côtes de la Bretagne. Dans la nuit du 1er au 2, dans le port de Camaret, situé dans le goulet de Brest, treize navires ont été jetés à la côte; plusieurs autres ont résisté sur leurs ancres en sacrifiant leur

mâture. A cette époque, le port de Camaret ne recevait pas encore les avertissements émanés de l'Observatoire. Relativement à la direction du vent, qui battait généralement en côte, les précautions étaient plus difficiles à prendre. En dehors de Camaret et de plusieurs petits ports non prévenus, les sinistres ont particulièrement porté sur les navires venus de la haute mer. D'après une lettre de M. le président de la chambre de commerce de Brest, « le 30 novembre, les marins se sont bien gardés de quitter le port, malgré la belle apparence du temps ».

Service agricole. — La première demande adressée à l'Observatoire pour en obtenir des renseignements sur l'état de l'atmosphère, au point de vue des intérêts agricoles, lui fut adressée par une association de grands propriétaires de Mecklembourg. Du 31 août au 15 septembre 1863, une dépêche télégraphique indiquant les changements que les cartes synoptiques faisaient entrevoir dans l'état du ciel, fut expédiée chaque jour au président de l'association. Cet essai d'application de la météorologie télégraphique à la conduite des opérations agricoles a été renouvelé en France en 1865.

Les besoins de l'agriculture sont tout autres que ceux de la marine ; pour celle-ci, la forme et la direction du vent sont les points essentiels, l'état du ciel est secondaire ; pour l'agriculture, au contraire, l'état du ciel est le point capital. Les récoltes ne redoutent guère les tourmentes de l'hiver ; mais les allures du grand courant équatorial peuvent exercer sur elles une assez fâcheuse influence. Si le courant se rapproche trop près de nos côtes sur l'Atlantique, s'il se prolonge trop avant dans l'Est et avec une persistance trop durable, l'hiver est doux et pluvieux ; s'il remonte trop dans le Nord, l'hiver est sec et froid ; s'il reste dans une position intermédiaire et

que des bourrasques descendues du Nord traversent l'Europe moyenne, la terre se couvre, le sol s'imprègne d'eau, les sources s'avivent, les animaux nuisibles disparaissent.

Le printemps est une saison critique, particulièrement dans les premiers jours de mai. Un été trop sec est défavorable à la plupart des produits du sol ; un été trop pluvieux est encore plus fâcheux. Dans cette saison, comme dans l'hiver, le courant équatorial ne doit être ni trop près ni trop loin de nous, car c'est lui qui dispense les pluies sur son parcours.

Tant qu'une récolte est pendante, le cultivateur subit le temps d'une manière passive, à de rares exceptions près ; mais à l'époque des labours et des semailles, et particulièrement lorsque les fruits de la terre sont prêts à être recueillis, l'avis des changements du temps, de l'arrivée des beaux jours et des pluies, et surtout de l'approche des orages, peut être pour lui d'une incontestable utilité.

Mais ces avis, pour être efficaces, doivent pénétrer jusque dans les moindres hameaux ; ils doivent être assez clairs et assez simples, non pour indiquer aux cultivateurs ce qu'ils doivent faire, mais pour aider à leur expérience des signes du temps, et pour mieux asseoir leur jugement en en élargissant la base ; enfin, ils doivent gagner assez d'avance sur le temps réel pour parvenir utilement aux intéressés, soit qu'ils aient à se mettre en garde, soit qu'ils aient à choisir l'époque la plus favorable pour entreprendre des travaux de quelque durée.

Au service des avertissements météorologiques, se rattache un service aussi essentiel, celui de l'annonce des crues des cours d'eau. Deux ingénieurs, M. de Mardigny, ingénieur en chef du département de la Meuse, et

M. Poincaré, alors ingénieur ordinaire de la navigation dans le même département, ont les premiers tenté d'entrer dans cette voie.

Depuis plusieurs années, cette étude a été continuée, et l'on peut aujourd'hui avertir les riverains menacés par l'inondation. La commission hydrométrique du Rhône et de la Saône, présidée par M. Fournet, est arrivée sur cette question d'un grand intérêt à des résultats remarquables ; nous citerons encore les travaux de M. Belgrand sur les cours d'eau du nord et du nord-ouest de la France. L'inondation de la Seine en 1876 a révélé les services rendus par cet éminent ingénieur.

Caractères généraux des tempêtes d'Europe.

La carte du 15 novembre 1864, reproduite *fig* 1, donne une idée assez exacte du caractère de la plupart des perturbations atmosphériques de l'Europe.

En examinant d'abord les hauteurs du baromètre, on trouve une baisse très-prononcée en Angleterre, où la pression est descendue à 729 millimètres à Holyhead et Pembroke; le minimum est situé dans le voisinage de Shrewsbury. Autour de ce point, les pressions montent graduellement à mesure qu'on s'éloigne ; la courbe 730 l'enveloppe d'un cercle presque régulier; un peu plus loin se trouve la courbe 735, notablement déformée vers le nord-est, sens dans lequel se propage la tourmente; encore plus loin nous rencontrons la courbe 740, qui est incomplète du côté de l'Océan où les documents faisaient défaut ; enfin, une ligne 745 longe le nord de l'Espagne, traverse le midi de la France, contourne le plateau central et le grand massif des Alpes, pénètre dans les golfes de Gênes et de Lion, traverse l'Italie cen-

trale, le bassin du Danube, et se relève sur la Russie où elle passe à l'ouest de Moscou et très-près de Saint-Pétersbourg.

La direction des vents n'est pas moins remarquable; ils soufflent de l'est assez fort à Skudesnoës (Norwége) et à Naïrn (Écosse), du nord-est faible à Leith et Ardrossan (Écosse), du nord-nord-ouest fort à Valentia (Irlande), du nord-ouest fort à Penzance (Angleterre) et à Brest, de l'ouest très-fort sur les côtes ouest de France et sur l'Espagne, du sud-ouest assez fort à Cherbourg, du sud-sud-ouest très-fort au Havre et fort à Boulogne, du sud-est faible à Groningue. Le tour du compas est complet.

Au centre du mouvement tournant, le ciel est beau ou peu nuageux; mais cet état n'est pas permanent, et de grandes averses y succèdent brusquement à un ciel sans nuages. Le rayon du disque tournant s'étend à plus de 400 lieues du centre. Le vent est à son maximum d'intensité sur les côtes ouest de France, et généralement sur le demi-cercle méridional; s'il faiblit dans les parties centrales de la France à cause des frottements, il y conserve sa vitesse dans la région plus libre occupée par les nuages; il est, au contraire, très-faible au centre du mouvement et généralement dans le demi-cercle nord; il est cependant assez fort de l'est à Naïrn, en Écosse, et à Skudesnoës, en Norwége.

Le lendemain, 16 novembre, le centre de ce mouvement se trouvait transporté sur le midi de la Suède, à 250 lieues environ de la position occupée la veille à la même heure. Son mouvement de translation a donc été de 10 ou 11 lieues à l'heure. Cette vitesse explique la faiblesse des vents d'est dans le demi-cercle supérieur, et les vents de Naïrn et de Skudesnoës pourraient bien

être dus à ce que le tourbillon se trouvait le 15, à huit heures du matin, très-près du point où sa trajectoire, marquée par une suite de points croisés, devait subir un brusque changement dans sa direction.

Si nous retournions en arrière, nous pourrions voir que la tempête, dont nous avons indiqué sur la carte la por-

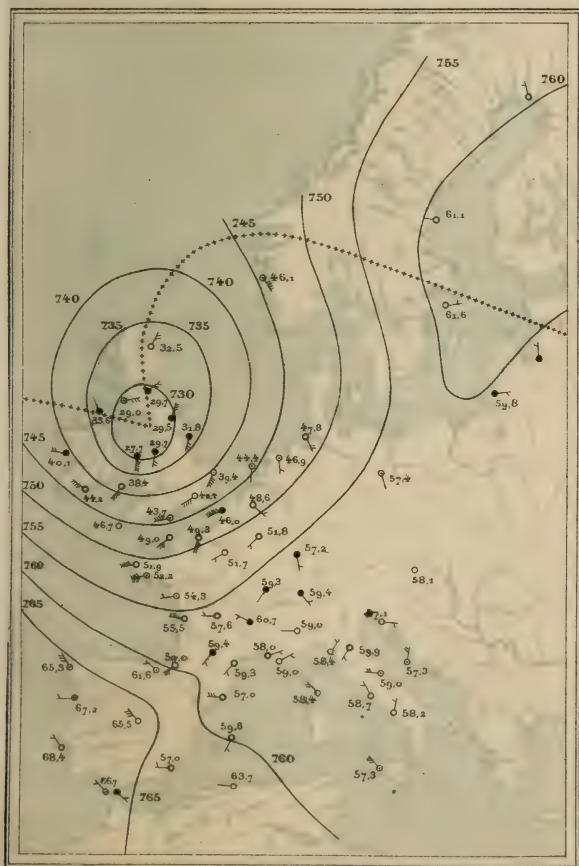
Fig. 1.

CARTE MÉTÉOROLOGIQUE DU 15 NOVEMBRE 1864.

tion du 15 novembre, s'annonçait dès le 12 du même mois. M. Marié-Davy écrivait, en effet, dans le *Bulletin* du 12, le résumé suivant : « C'est aujourd'hui sur le sud-« ouest de l'Irlande que la baisse barométrique fait les « plus rapides progrès ; la pression est descendue, à Va-« lentia, de 760 à 749, tandis qu'elle a commencé de se

Fig. 2.

CARTE MÉTÉOROLOGIQUE DU 16 NOVEMBRE 1864.



« relever sur l'Espagne, ainsi qu'à Haparanda (au fond
« du golfe de Bothnie).

« Les bourrasques du nord, après avoir, pendant une
« longue série de jours, traversé l'Atlantique, vers les
« parages de l'Islande pour sévir sur la Baltique et le
« golfe de Finlande, s'abaissent vers le sud et menacent
« aujourd'hui l'Angleterre et les côtes nord-ouest de la
« France.

« Si les bourrasques du sud ont éprouvé un semblable
« mouvement vers le midi, les côtes d'Afrique subiront,
« à leur tour, l'influence du mauvais temps. »

Pendant les derniers jours du mois d'octobre et les onze premiers jours du mois de novembre, les trajectoires des tourmentes s'étaient établies sur les régions du nord de l'Europe, et, comme il arrive souvent dans ce cas, une seconde ligne de mauvais temps s'étendait sur le sud-ouest et traversait l'Espagne, le midi de la France et le bassin occidental de la Méditerranée. L'Angleterre, le nord de la France et l'Allemagne étaient restés assez calmes pendant ce temps. C'est dans cette situation que se préparait le changement annoncé le 12 La ligne supérieure du parcours des tourmentes s'abaissait au niveau de l'Angleterre, et pendant un intervalle de quinze à dix-huit jours, cinq ou six tempêtes successives devaient sévir sur nos côtes.

La première tempête disparaissait à peine dans le nord-est, qu'une seconde arrivait sur l'Irlande, à une latitude un peu plus élevée que la précédente. La *fig.* 2 représente la nature de cette seconde tempête et sa position le vendredi 18 novembre. Nous retrouvons encore une dépression circulaire dont le centre est enveloppé, comme dans le cas précédent, par une courbe continue correspondant à la pression 730 millimètres et par une série d'autres

courbes correspondant à des pressions croissantes de 5 en 5 millimètres. Les trois premières sont complètes, les autres sont ouvertes vers l'Océan, où l'absence de documents a empêché de les prolonger. Nous retrouvons également la même tendance des vents à tourner autour du centre de dépression barométrique, en restant généralement faibles vers le centre et prenant de la force à mesure qu'ils s'en éloignaient vers le midi, jusqu'à une distance considérable.

CHRONIQUE.

Télégraphie sous-marine.

Le câble direct des États-Unis. — Le câble direct des États-Unis a été rompu encore une fois entre Tor-Bay et Rye-Beach. La rupture s'est déclarée le dimanche 26 mars, et a été localisée à 60 milles de Rye-Beach. Le *Faraday*, qui était en réparation à Halifax (Nouvelle-Écosse), s'est rendu le 10 avril à Portsmouth (New-Hampshire) pour procéder au rétablissement de la communication, qui a été effectué le 11 avril. Il a constaté que cette rupture avait été produite par l'ancre d'un navire de pêche qui s'était embarrassée dans le câble, en sorte que celui-ci faisait deux tours autour de ses pattes. Il fallait couper le câble ou abandonner l'ancre. Le capitaine prit le premier parti, craignant de ne pas être indemnisé de la perte de son ancre. Ces détails auraient été donnés, par un homme de l'équipage, au représentant de la compagnie au cap Breton.

(*Telegrapher* du 15 avril.)

Câbles de l'Anglo-American Company. — Le câble de Brest à Saint-Pierre s'est rompu dans la matinée du 26 avril, à 200 milles de Brest. Le vaisseau *le Minia*, qui était à Gravesend, a été envoyé en toute hâte. La semaine suivante, tous les autres câbles de l'*Anglo-American Telegraph Company* ont été interrompus entre l'île de Saint-Pierre et Placentia-Bay (Terre-Neuve), ce qui coupe toute les communications entre les câbles atlantiques atterrissant à Hearts'Content (Terre-Neuve) et les lignes qui les relient au continent américain.

Le câble de la *Compagnie du Câble direct des États-Unis* est en ce moment notre seule communication avec l'Europe.

L'interruption se trouvant dans la courte section entre la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve, sera sans doute promptement réparée; mais le *Minia*, affecté à ces sortes de travaux, est occupé au câble de Brest. Si le conducteur français est rétabli le premier, on aura une communication par cette ligne, *via* Saint-Pierre et Duxbury.

(*Telegrapher* du 6 mai.)

Câble de la Nouvelle-Zélande. — Le câble sous-marin entre l'Australie et la Nouvelle-Zélande est immergé et fonctionne depuis le 22 février. Il va de Sydney (Australie) à Wellington (Nouvelle-Zélande). Toutes les colonies de la Grande-Bretagne sont maintenant en communication avec la mère patrie. — On pense que la ligne aérienne allant de l'ouest au sud de l'Australie sera promptement terminée : 150 milles ont été construits depuis Eucla.

(*Telegraphic Journal.*)

Câble de Cuba-Floride. — Le navire *le Professeur Morse*, appartenant à l'*International Ocean Telegraph Company*, est parti le 23 mars de New-York pour réparer le câble de 1868 entre Key-West et Cuba. Le défaut a été localisé à 2 ou 3 milles de la côte de Cuba et par 600 brasses de fond. L'appareil de dragage a été construit en Angleterre, sous la surveillance de sir Samuel Canning. Le navire emporte 10 milles de câble *intermédiaire* pour la réparation.

(*Telegrapher.*)

Câble direct espagnol. — Le navire *l'International* a quitté la Tamise le 3 avril pour déplacer de Santander à Bilbao l'atterrissement du câble direct espagnol.

(*Telegraphic Journal.*)

Le Tuscarora. — Les journaux d'Australie annoncent, à la date du 24 février, que le bâtiment de guerre des États-Unis *le Tuscarora* était à Brisbane, sur le point de partir, *via* Sidney, pour Aukland. De là il doit faire des sondages vers la Nouvelle-Caledonie et les îles Fiji pour chercher des fonds propices à la pose d'un câble.

(*Telegraphic Journal.*)

Nouvelles.

En Russie, un violent orage a interrompu un moment toutes les communications, dans la nuit du 11 au 12 avril, entre Saint-Pétersbourg et Berlin, Varsovie et la ligne de Liban. Des inondations et des tempêtes ont également arrêté le service de la ligne de l'Amour, d'abord le 9 avril entre Kaidalovo et Nertschinsk, puis sur les deux lignes qui aboutissent à Kasan le 15 avril ; mais, grâce à l'activité déployée par l'administration russe, la réparation de ces divers dérangements a suivi presque immédiatement l'annonce de leur interruption.

(*Journal télégraphique international.*)

La Compagnie indo-européenne fait savoir que la durée moyenne du transit des dépêches de Londres aux Indes, *via* Téhéran, y compris les dépêches pour l'île de Penang, Singapore, la Chine, le Japon, Java et l'Australie, a été de 43 minutes pendant la semaine finissant au 7 avril.

(*Telegraphic Journal.*)

Télégraphe souterrain de Halle à Berlin.

L'effroyable ouragan du 12 mars a sévi tout particulièrement, dans notre pays et à l'étranger, sur les poteaux des lignes télégraphiques, tellement que, pendant plusieurs jours, toute communication électrique a été interrompue, et qu'à l'heure présente encore les dégâts ne sont pas entièrement réparés. Ce fait est de nature à ramener l'attention des hommes spéciaux sur l'opportunité de remplacer les fils aériens, servant à la transmission, par des câbles souterrains suffisamment isolés, idée ancienne d'ailleurs et déjà essayée. L'insuccès des diverses tentatives faites dans ce sens tenait à la défectuosité du câble et à la difficulté de reconnaître le lieu des accidents qui se produisaient. Mais, depuis le télégraphe transatlantique, la fabrication des câbles sous-marins ayant pris un grand

essor, on a réalisé de notables perfectionnements dont les conducteurs souterrains ont pu profiter. La nécessité est industrieuse. Il suffit souvent d'utiliser habilement les découvertes qu'elle engendre.

Une installation importante que l'on exécute en ce moment en Allemagne sanctionnera définitivement le nouveau procédé. La ville de Halle (sur Saale) sera bientôt reliée à la capitale de la Prusse par un télégraphe souterrain dont la durée paraît devoir être indéfinie. Le câble, fabriqué par la maison Felten et Guillaume, de Cologne, est un modèle de solidité et d'élégance. Il se compose de sept fils de cuivre rouge, isolés les uns des autres par des enduits de gutta-percha, le tout enveloppé de chanvre goudronné, et extérieurement d'une forte cuirasse en fil de fer galvanisé.

Il suivra, non la ligne ferrée d'Anhalt, mais l'ancienne chaussée, et sera posé dans une tranchée d'un mètre de profondeur et de 165 kilomètres de longueur.

La pose proprement dite, qui doit être commencée depuis quelques jours, s'exécutera de la manière suivante : quelques centaines de terrassiers ouvrent la tranchée, en allant de Halle vers Berlin. Suit un convoi de six chariots; le premier contient les appareils électriques et les instruments; les quatre suivants portent des tronçons du câble (800 mètres chacun); le dernier renferme du bitume à l'état liquide, dont on enduit le câble avant de le coucher dans la tranchée, où l'on a eu soin de préparer un lit de sable sec.

La fabrique a déjà terminé 50 kilomètres du câble; elle livrera le reste au fur et à mesure de l'avancement des travaux, de façon qu'ils ne soient jamais interrompus. Les épreuves de résistance et d'isolation sont des plus minutieuses et se font à la fabrique même.

Certaines difficultés locales seront à vaincre, notamment à Landsberg, où l'on rencontrera une couche de porphyre assez étendue. Au passage de la Mulde et de l'Elbe, la pose exigera des précautions extraordinaires, à cause des chaînes de touage qui s'y trouvent et qui, à la longue, pourraient endommager le câble.

D'autres difficultés, d'une nature plus spéciale, sont en ce moment l'objet d'études attentives de la part de l'ingénieur

distingué chargé de la conduite générale du travail, M. Wohlfahrt. Il s'agit d'éviter les phénomènes contraires : courants d'induction, remous électriques, etc., qui dérangent et brouillent les transmissions et finissent par les arrêter tout à fait.

L'installation devra être terminée, coûte que coûte, au commencement du mois de juillet, afin d'éviter les grandes chaleurs, qui gâtent la gutta-percha, ce qui compromettrait l'isolation des conducteurs.

Tous les tronçons du câble doivent être raccordés les uns aux autres. Il faut donc, après chaque portée de 800 mètres, des soudures et des épissures faites avec le plus grand soin et de telle façon que le câble ne fasse qu'une pièce, unique et homogène.

Le même genre de conducteurs est employé maintenant dans la télégraphie des mines, où il rend de grands services conjointement avec l'avertisseur à induction magnétique.

(*La Meuse*).

Boussole circulaire de M. Duchemin.

M. Émile Duchemin a apporté récemment à la boussole des navires une modification importante, qui consiste à remplacer l'aiguille aimantée par deux cercles concentriques aimantés; l'un d'eux porte un index qui se meut au-dessus d'un cercle gradué, et fait connaître la déviation.

Cet instrument a une sensibilité notablement plus grande que la boussole ordinaire à aiguille, ce qui tient à ce que le magnétisme emmagasiné dans les anneaux est beaucoup plus considérable que celui des aiguilles employées habituellement; il a été expérimenté par plusieurs officiers de marine, qui se sont félicités des résultats qu'elle a donnés.

Essais d'éclairage électrique à la gare du Nord. (*)

Les essais d'éclairage électrique entrepris à la gare du Nord depuis le mois de décembre dernier ont donné d'excellents résultats. Les expériences photométriques faites par M. Sartiaux, avec le concours de MM. Lartigue et Rouderon, ne laissent aucun doute à cet égard. Le générateur d'électricité adopté est la machine électro-magnétique Gramme; la lampe, le régulateur Serrin. La force motrice est fournie par de petits moteurs à vapeur ou à gaz. Ainsi que l'avait constaté déjà M. Tresca, dans des expériences que nous avons rapportées, M. Sartiaux a trouvé que la dépense en force motrice augmente très-vite à mesure que diminue la quantité totale de lumière à fournir. Ainsi la machine électro-magnétique du type de 50 becs Carcel nécessite $2^{\text{chev-vap}},2$; celle de 100 becs $2^{\text{chev}},4$; celle de 150 becs $2^{\text{chev}},5$. La lecture est facile dans le premier cas à 35 mètres de distance; dans le second, à 45 mètres; dans le troisième, à 50 mètres. Il y aura, en général, avantage à se servir de machines de 100 à 150 becs.

La force dépensée varie aussi avec la dimension des charbons entre lesquels jaillit l'arc électrique; il faut un peu plus de force avec les charbons de $0^{\text{m}},009$ qu'avec ceux de $0^{\text{m}},007$ de section. La lampe de 100 et 150 becs use par heure une longueur de $0^{\text{m}},135$ de charbon à $0^{\text{m}},007$, et $0^{\text{m}},090$ de charbon à $0^{\text{m}},009$. Dès à présent la compagnie du Nord est assurée de payer les baguettes de charbon, de coke, et même celles de M. Carré, qui sont particulièrement bien préparées, à raison de 1 franc le mètre courant. La dépense par heure est donc fixée à $0^{\text{f}},135$ ou $0^{\text{f}},090$. Voici, d'après M. Sartiaux, les prix de revient comparatifs de l'éclairage au gaz et à l'électricité, en prenant pour exemple la lampe de 150 becs et l'appliquant à un éclairage de dix heures consécutives de durée :

150 becs Carcel exigeraient une consommation de cent cinquante fois $0^{\text{mc}},105$ de gaz par heure, soit de $15^{\text{m}},75$, ce qui, à raison de $0^{\text{f}},30$ par mètre cube, constitue une dépense de $4^{\text{f}},70$.

Avec l'éclairage électrique, 150 becs Carcel exigent une force

(*) Voir page 183.

de $2^{chev},7$ ce qui, à raison de $0^{f},09$ par force de cheval et par heure, donne une dépense de $0^{f},24$. En y ajoutant $0^{f},09$ pour le charbon de la lampe, $0^{f},45$ pour le salaire du mécanicien et $0^{f},20$ pour l'intérêt et l'amortissement de la dépense d'installation, on arrive à un total de $0^{f},98$.

Soit entre le *cinquième* et le *sixième* de la dépense de l'éclairage au gaz.

Comme un bec électrique de 150 Carcel éclaire efficacement un cercle de 45 à 50 mètres de rayon, l'éclairage à l'électricité devient, avec une intensité supérieure, plus économique que l'éclairage au gaz, dès que l'éclairage de la même surface nécessite la présence de 25 becs de gaz brûlant 105 litres à l'heure.

La salle d'arrivée de la gare du Nord a 1.500 mètres de superficie; une seule lampe, placée au centre et assez haut, a suffi pour l'éclairer; les ombres portées ont été cependant assez fortes pour occasionner quelquefois une gêne sérieuse; dans beaucoup de cas, il y aura lieu de se servir de deux lampes pour amoindrir les ombres de l'une par la lumière de l'autre. Afin d'éviter l'éblouissement produit par la lumière directe de l'arc voltaïque, on a enfermé la lampe dans un globe dépoli sur la demi sphère inférieure. Les rayons passant à travers la demi-sphère supérieure sont réfléchis en bas par un réflecteur parabolique. Il semble donc que la lumière électrique puisse être très-avantageusement employée dans l'exploitation des chemins de fer.

(De Parville, *Débats*.)

Sur la formation de la grêle. (*)

(2e note de M. Gaston Planté à l'Académie des sciences, séance du 31 janv. 1876.)

M. Gaston Planté envoie la suite de ses curieuses recherches relatives au rôle de l'électricité dynamique dans les phénomènes météorologiques. Aujourd'hui, il s'agit de l'étude de la formation de la grêle (2e note).

M. Planté a montré précédemment l'influence que devait avoir dans la formation de la grêle l'électricité atmosphé-

(*) Voir *Annales*, tome II, page 587.

rique à l'état de décharge ou de flux dynamique, non pas en produisant le froid nécessaire à la congélation, comme on l'a admis quelquefois, mais en exerçant, au contraire, une puissante «action calorifique» capable de vaporiser rapidement l'eau des nuages et de projeter la vapeur formée dans les régions froides de l'atmosphère.

Et en effet, dans ce nouveau travail, vraiment très-digne de fixer l'attention des physiciens, M. Planté montre «l'action mécanique» qui peut résulter du passage du flux électrique au sein de masses aqueuses, et projeter dans les airs des globules liquides susceptibles de se transformer en grêlons.

Dans des expériences antérieures, M. Planté a fait voir qu'avec une source intense d'électricité voltaïque, l'immersion du fil positif dans un liquide conducteur, tel que l'eau salée, déterminait l'agrégation des molécules aqueuses autour de l'électrode sous forme d'un sphéroïde lumineux. En employant un courant encore plus intense provenant de la décharge d'une batterie de 400 couples secondaires, on obtient par l'immersion du fil positif, au lieu d'un globule unique, une gerbe d'innombrables globules ovoïdes qui se succèdent avec une excessive rapidité et sont projetés à plus d'un mètre de distance du vase où se fait l'expérience. L'étincelle produite en même temps à la surface du liquide se présente sous forme de couronne ou d'auréole à pointes multiples, d'où jaillissent les globules aqueux.

L'électrode n'a pas besoin d'être métallique ; un fragment de papier à filtrer, humecté d'eau salée, détermine le même effet.

Si, au lieu de rencontrer une couche profonde de liquide, le courant ne rencontre qu'une surface humide, telle que les parois mêmes ou le fond incliné d'une cuvette, les effets calorifiques prédominent; l'auréole est plus brillante, et l'eau est rapidement transformée en vapeur. L'action du courant électrique diffère suivant la resistance qui lui est opposée; il y a transformation de forces. Le travail qui détermine la projection violente est transformé, ici, en chaleur et en dégagement de vapeurs.

Il résulte de ces expériences : 1° que les décharges électriques produites au sein des nuages peuvent, suivant la densité plus ou moins grande de ces conducteurs humides, détermi-

ner leur réduction en vapeur ou leur agrégation instantanée en globules d'un volume bien supérieur à celui des globules nuageux eux-mêmes, et que les bombes liquides ainsi formées peuvent être projetées à de grandes hauteurs où la température est notablement plus basse que celle du milieu dans lequel se produisent les décharges; 2° que la formation des grêlons dans le cas où ils ne présentent pas une série de couches alternativement opaques et transparentes, mais une structure rayonnante, à partir du centre, s'explique aussi par cette action mécanique, qu'ils doivent être produits d'un seul jet, congelés sous le même volume qu'ils ont au moment de la projection; 3° que la forme ovoïde ou en pyramide de ces grêlons est due à leur origine électrique; 4° que la lueur quelquefois émise par les grêlons est due également à l'électricité, car bien que, dans les expériences, on n'ait pu reconnaître avec certitude si les globules ont une lueur propre ou réfléchie par l'étincelle, il est vraisemblable qu'ils sont aussi rendus phosphorescents par le flux électrique qui les renferme.

Ces considérations nouvelles n'excluent pas la formation des grêlons, ajoute l'auteur, par voie d'accroissement successif au sein de tourbillons électrisés qui doivent naître sous l'influence magnétique du globe, car tous les courants électriques à la surface de la terre, sauf à l'équateur magnétique, sont nécessairement influencés par cette cause qui convertit leur mouvement rectiligne en mouvement de forme circulaire ou spirale.

Le rôle des vents et des courants d'air est sans doute important à considérer dans la production de la grêle, conclut M. Gaston Planté; ils entraînent, divisent ou rassemblent sur leur passage les masses nuageuses électrisées, les élèvent vers les régions froides et les dirigent suivant la configuration du sol vers les points où l'on observe que la grêle apparaît de préférence; mais ce sont là des causes concurrentes qui préparent seulement les conditions favorables à la production de la grêle, tandis que l'électricité est la cause efficiente qui, par sa présence même dans les nuages et par la puissance instantanée de ses décharges, détermine la formation subite et la chute du météore.

(De Parville, *Journal officiel.*)

Sur les Aurores polaires.

(Communication de M. Planté à l'Académie des sciences, 13 mars 1876.)

Déjà de la Rive a fait ressortir, dans des expériences curieuses, la liaison qui unit les aurores au magnétisme terrestre, mais elles ne suffisent pas pour expliquer tous les détails du phénomène. M. Planté a été plus loin : il a placé le flux électrique en présence de masses aqueuses comme dans la nature.

Si l'on met l'électrode positive de la puissante batterie secondaire qu'il a imaginée en contact avec les parois humides d'un vase d'eau salée, où plonge l'électrode négative, on observe, selon la distance des liquides, soit une couronne formée de particules lumineuses disposées en cercle autour de l'électrode, soit un arc bordé d'une frange de rayons brillants, soit une ligne sinueuse qui se plie et se replie sur elle-même avec rapidité. Ce mouvement ondulatoire semble présenter une complète analogie avec celui qu'on a comparé dans les aurores avec les plis et replis d'un serpent. Les teintes observées sont pourpres et violacées. Tous les détails remarqués dans les aurores se montrent ici.

La vapeur d'eau se dégage avec d'autant plus de vivacité et d'abondance que l'électrode pénètre plus dans le liquide. Ce phénomène explique naturellement les chutes abondantes de pluie ou de neige qui accompagnent la production des aurores. Le bruissement qui accompagne ces expériences correspond à celui que l'on entend souvent dans la zone des aurores polaires.

Enfin, les perturbations magnétiques se retrouvent dans ces aurores miniature. L'aiguille aimantée placée près du circuit est déviée. M. Planté conclut de ses expériences que les aurores doivent être générées par un flux d'électricité positive, car l'électricité négative ne donne rien de semblable. Il ne croit pas que l'aurore résulte, comme on le professe, d'une décharge entre l'électricité de la terre et l'électricité de l'atmosphère. On devrait, dans cette hypothèse, observer des chutes de foudre fréquentes au pôle, ou des lueurs, des aigrettes lumineuses. Comme il n'en est pas ainsi, il incline à

penser que le vide imparfait des hautes régions fonctionne comme une immense enveloppe conductrice et joue le rôle d'électricité négative. L'électricité positive s'écoule vers les espaces planétaires et non vers le sol.

On admet que l'électricité des aurores vient de l'équateur. M. Planté objecte que les nuages électrisés doivent se décharger sur un aussi long parcours; et, en effet, les orages sont de plus en plus rares des régions tropicales vers les pôles. Le savant physicien a été conduit par ses expériences à regarder les corps célestes comme chargés d'électricité positive, la terre aussi bien que les autres planètes. L'électricité positive terrestre rayonnerait par voie d'émission dans l'espace, en produisant des effets variés selon les circonstances météorologiques opposées à l'équateur et au pôle. Dans ces conditions, les aurores polaires résulteraient de la diffusion, dans les couches supérieures de l'atmosphère autour des pôles magnétiques, de l'électricité positive.

(DE PARVILLE, *Journal officiel.*)

Sur les taches solaires et la constitution physique du soleil.

(Communication de M. Planté à l'Académie des sciences, 10 mai 1876.)

M. Gaston Planté prend une feuille de papier à filtrer humectée d'eau salée et la met en communication avec le pôle négatif d'une batterie secondaire de 400 éléments. A peine le fil positif touche-t-il la surface humide qu'il se produit au-dessous de ce fil, avec dégagement de lumière et projection de vapeurs, une cavité en forme de cratère hérissé sur ses bords d'innombrables filaments enchevêtrés les uns dans les autres. Le fil positif est en même temps recouvert d'un magma formé par la pâte à papier transportée et de débris filiformes adhérents aussi à l'électrode sur une longueur de $0^m,10$ à $0^m,15$.

Il est impossible de ne pas être frappé, dit M. Planté, de l'analogie complète de ces perforations électriques avec celles des taches solaires telles qu'elles ont été observées dans ces

derniers temps par MM. Nasmyth, Stone, Dunkin, Dowes, Lockyer, Secchi, Tocchini, Langley, etc., et qui ont été assimilées à des brins ou des fagots de chaume, à des filaments recourbés, tordus ou entrelacés.

Ces apparences bizarres des taches solaires, si difficiles à expliquer par des actions mécaniques ordinaires, se comprennent facilement par l'intervention de l'électricité dont le caractère est d'élever, de façonner en pointe, ou de diviser en fils toute matière opposée à son passage, pour se frayer les voies multiples qui semblent nécessaires à son rapide écoulement.

D'après cela, M. Planté pense que l'on peut admettre que les taches solaires sont des cavités produites par des éruptions essentiellement électriques; que, par suite, la masse intérieure du soleil doit être fortement chargée d'électricité; que, d'après le sens des excavations dont les talus filamenteux sont rentrés vers l'intérieur de l'astre, l'électricité qui s'en échappe doit être positive.

L'analogie est-elle vraiment justifiée? Le soleil est une sphère de matériaux gazeux en ignition et déjà partiellement solidifiés à la surface. M. Planté a eu l'idée de chercher un parallèle entre les phenomènes présentés par cette sphère en fusion et ceux que présentent les globules incandescents obtenus en fondant de gros fils métalliques à l'aide d'un fort courant électrique.

La surface liquide incandescente de ces globules paraît agitée, ondulée et parsemée de taches de toutes dimensions produites par des bulles gazeuses qui viennent de l'intérieur du globule. Ces bulles se développent si rapidement qu'il est difficile de saisir leurs différentes phases.

On y distingue néanmoins des ombres, des pénombres et des parties brillantes; elles finissent par percer l'enveloppe liquide en projetant des parcelles incandescentes. Les globules refroidis présentent une surface ridée et mamelonnée; ils sont creux à l'intérieur, et leur enveloppe est d'autant plus mince que le métal renfermait plus de gaz en combinaison.

Ces expériences permettent de conclure par voie d'analogie : 1° que le soleil peut être considéré comme un globe *creux* électrisé plein de gaz et de vapeurs, recouvert d'une enveloppe liquide de matière fondue incandescente; 2° que les rides pro-

viennent des ondulations de l'enveloppe en liquéfaction; 3° que les taches sont produites par l'irruption des masses de gaz et de vapeurs éléctrisés venant de l'intérieur; 4° que les *facules* sont une phase brillante dans l'évolution des masses gazeuses; 5° que les *protubérances* sont formées par les gaz eux-mêmes sortis incandescents de l'intérieur de l'astre et naturellement plus lumineux que ceux qui forment l'atmosphère de sa surface.

Il est vrai que, dans l'expérience de M. Planté, le courant électrique et le globule sont liés, tandis que le soleil est isolé dans l'espace. M. Planté fait remarquer que le soleil, bien qu'isolé, n'en a pas moins reçu de l'anneau nébuleux dont il est sorti une provision d'électricité qu'il ne dépense qu'avec une extrême lenteur et qui le place dans des conditions analogues à celles où s'est placé lui-même M. Planté en opérant la fusion électrique de ses globules ferrugineux.

(De Parville, *Journal officiel.*)

Modification apportée par l'aimantation *à la résistance électrique du fer et de l'acier.*

Par M. W. G. Adams (*Proceedings of the Royal Society*).

M. Adams a fait une série de recherches pour déterminer de quelle façon l'aimantation agit sur la conductibilité électrique d'un barreau de fer ou d'acier, et il est arrivé aux conclusions suivantes :

1° Le passage d'un courant à travers un barreau d'acier trempé diminue sa résistance galvanique; c'est le contraire qui a lieu par un barreau d'acier mou ou de fer doux. Le passage d'un courant qui le parcourt augmente sa résistance.

2° Lorsqu'un barreau trempé est aimanté au moyen d'une bobine dans laquelle il est placé axialement, la résistance galvanique du barreau subit une diminution directement proportionnelle au carré du courant qui traverse la bobine, et cela jusqu'à une certaine limite.

3° Lorsque du fer ou de l'acier doux sont aimantés longitu-

dinalement ou transversalement, leur résistance est augmentée d'une quantité à peu près proportionnelle au carré du courant qui produit l'aimantation.

(*Archives de Genève.*)

Application de l'électricité au lancement des navires.

Le lancement du *Téméraire*, ainsi que celui de *l'Inflexible*, a eu lieu, dit le *Temps*, à l'aide d'un appareil électrique fort minutieux et employé pour la première fois dans de pareilles opérations. On n'a plus besoin de couper avec une hache le câble qui retient les poids destinés à tomber sur les étais et à mettre le navire en liberté. Cet effet se produit en interrompant un contact électrique, de sorte que l'on supprime le pouvoir magnétique d'un aimant empêchant une poulie en fer de tourner.

Les appareils sont disposés de telle manière qu'en tournant cette poulie laisse dérouler un câble qui empêchait le navire d'obéir à l'action de la gravité.

L'électricité sert même à baptiser le vaisseau : au lieu de lancer la bouteille de champagne contre le bordage à tour de bras, on la brise avec un levier qui s'abaisse automatiquement quand le courant voltaïque d'une pile puissante a fondu le fil qui retenait l'appareil suspendu.

(*Journal officiel.*)

Nécrologie.

M. LÉON TAMISIER.

Le personnel de l'administration, si éprouvé l'année dernière, vient de faire une nouvelle perte. M. Tamisier, inspecteur, chef du service télégraphique de l'Algérie et de la Tunisie, a succombé après quelques jours de maladie.

Le directeur de l'administration a adressé à M. Robert, inspecteur du département d'Alger, la dépêche suivante :

« La perte d'un fonctionnaire aussi digne d'estime et d'affection sera un deuil pour l'administration tout entière. Je vous prie d'exprimer à Mme Tamisier la part que nous prenons à son affreux malheur. »

Nous trouvons dans le *Mobacher*, journal officiel de l'Algérie, le compte rendu des obsèques de M. Tamisier.

Lundi, 24 avril, ont eu lieu les obsèques de M. Léon Tamisier, inspecteur des lignes télégraphiques, chef du service télégraphique de l'Algérie et de la Tunisie, décédé à Alger, le 22 du courant.

Cet honorable fonctionnaire n'était que depuis peu de temps à la tête de l'administration télégraphique; mais il avait rapidement conquis la sympathie publique, ainsi que l'estime et l'amitié des fonctionnaires placés à la tête des divers services de la colonie.

Cette estime, cette amité expliquent le concours empressé qui s'est produit autour de la tombe de l'homme à la fois méritant et modeste qui vient d'être enlevé si rapidement à sa famille, à ses amis et à son personnel.

M. le gouverneur de l'Algérie, M. le directeur général des affaires civiles et financières, M. le général Wolff, M. le contre-amiral du Quilio, MM. les généraux Vuillemot, d'Eudeville, Melchior, les chefs de la magistrature, tous les chefs des services publics assistaient à la triste cérémonie.

Mgr l'archevèque d'Alger a tenu à témoigner sa haute et paternelle affection pour le défunt, en donnant l'absoute à

l'église de Notre-Dame-des-Victoires, où a eu lieu le service funèbre.

Trois discours ont été prenoncés par M. de Toustain du Manoir, directeur général des affaires civiles et financières, par M. Lair, inspecteur général honoraire des lignes télégraphiques de l'Algérie, et par M. Melcion d'Arc, consul du Saint-Siége.

Nous les reproduisons ci-après, dans l'ordre de cette série.

Discours de M. de Toustain du Manoir.

Messieurs,

Permettez-moi d'être l'un des interprètes du sentiment de douloureux regret qui réunit autour de ce cercueil les amis particuliers et les membres de la famille administrative de M. Tamisier.

Vos regards attristés disent combien est profondément ressenti le coup imprévu et cruel qui enlève au gouvernement général de l'Algérie ce fonctionnaire distingué, à nos plus affectueuses sympathies cet homme de bien que nous avions tous appris à aimer, dont nous nous faisions tous un honneur de citer les vertus privées.

M. Tamisier était depuis quinze mois à peine parmi nous; mais, cédant, comme tant d'autres, à l'attrait passionné que nous inspire le spectacle de la création en Afrique d'une nouvelle France, il s'était fait des nôtres et prenait un puissant intérêt en même temps qu'une large part aux développements que chaque heure amène dans une contrée où personne ne connaît le repos, où la foi dans l'avenir anime les plus faibles, excite les moins vaillants.

Homme de science et de progrès, fils de ses œuvres, infatigable travailleur, il avait parcouru tous les degrés de la hiérarchie en laissant à chacun de ses étages la réputation d'un fonctionnaire d'un mérite éprouvé.

Son esprit d investigation sans cesse en éveil, ses goûts studieux lui avaient fait acquérir de bonne heure l'expérience professionnelle qu'il mettait au service de l'État, et qui, en donnant à ses avis une très-haute autorité, lui permettaient d'exercer dans les conditions les plus efficaces la sollicitude

pour les intérêts du personnel placé sous ses ordres. Fidèle aux traditions laissées par ses prédécesseurs et secondé par des collaborateurs qui le prenaient pour exemple, il ne laissait échapper aucune occasion d'introduire rapidement dans la télégraphie de l'Algérie les perfectionnements que les précieuses découvertes du génie moderne permettaient de réaliser.

La mort est venue le surprendre au moment même où diverses améliorations, dues à ses soins assidus et éclairés, vont être apportées dans les services si variés des transmissions.

Soutenu et guidé dans tous les actes de la vie par les principes de la foi chrétienne, M. Tamisier n'avait pas seulement conquis ses droits de cité à Alger au moyen de sa féconde initiative d'administrateur : il s'était associé, dès son arrivée parmi nous, aux œuvres d'une société de bienfaisance qui porte sans bruit, aux affligés, les consolantes paroles et les dons de la charité discrète. Il était bien connu de ceux qui souffrent, de ceux qui ont besoin d'un cœur généreux pour compatir à leurs peines, pour calmer les dures épreuves !

Les sentiments religieux, toujours fortifiés par l'austère pratique du devoir, les soins affectueux d'une noble compagne ont jeté des consolations sur ses derniers moments. Pour les caractères fortement trempés comme celui de Tamisier, la mort n'est qu'un passage attendu dans cet autre monde où l'âme, dégagée de toute étreinte, trouve la récompense que Dieu réserve à ceux qui placent leur confiance dans sa miséricorde et dans son inépuisable bonté.

Discours de M. Lair.

Messieurs,

C'est comme le plus ancien membre de la famille télégraphique que je prends la parole, dans cette cruelle circonstance, pour rendre hommage à un de ses plus dignes enfants.

Qui de nous, cher Tamisier, n'a rendu pleine justice à vos éminentes qualités de cœur et d'esprit ?

Travailleur modeste, vous avez su conquérir tous vos grades par une volonté énergique. Arrivé au commandement, vous vous êtes toujours montré juste, loyal, bienveillant; vous vous

êtes fait des amis de tous ceux qui vous ont connu. Aussi, que de regrets autour de ce recueil !

Tamisier est entré, à l'âge de vingt ans, dans l'instruction publique et il a occupé la chaire de mathématiques dans les collèges de Poligny, de Saint-Claude et de Lons-le-Saulnier; il a donné sa démission en 1853 pour entrer dans l'administration télégraphique.

Parti du simple grade de stationnaire, il a rapidement parcouru la carrière. Directeur de station en 1855, directeur des transmissions en 1862, sous-inspecteur en 1863, inspecteur en 1866, il a été nommé chevalier de la Légion d'honneur le 9 janvier 1871 ; il a été appelé en 1875 au poste important de chef de service de l'Algérie.

C'est à l'armée de la Loire que Tamisier a fixé, par son habile et noble conduite, l'attention de M. le général Chanzy et qu'il a reçu la décoration *pour ses services hors ligne sous le feu de l'ennemi* (ce sont les termes du décret).

De tels antécédents le désignaient naturellement au souvenir de M. le gouverneur général de l'Algérie, et le personnel de la colonie accueillait cette nomination avec joie.

Hélas ! la satisfaction a été de courte durée; notre malheureux camarade nous a été brusquement enlevé par une maladie de quelques jours.

Ce n'est plus au fonctionnaire que nous pensons en ce moment, c'est à l'excellent père de famille, à sa veuve si digne de nos respects et de nos sympathies, à ses gracieux et pauvres enfants.

Tournons nos yeux vers le ciel; là est la consolation et le divin espoir.

Au revoir, Tamisier !

Discours de M. Melcion d'Arc.

Messieurs,

Il y a moins d'un an que la plupart d'entre nous connaissaient M. Tamisier et, sur sa tombe si soudainement ouverte, beaucoup pleurent une amitié arrachée du plus intime de leur cœur; tous apportent l'hommage de la plus sympathique estime.

Sa vie, où le labeur et le sacrifices incessants n'ont pas un seul jour lassé le dévouement, vient de vous être dite en quelques paroles émues !

Ne vous semble-t-il pas, Messieurs, que vous l'aviez lue déjà dans son regard et dans sa physionomie? Ils révélaient une âme entre toutes ouverte, généreuse, élevée, toujours prête à se donner sans réserve à sa famille, à son pays, à ses amis, à ses collaborateurs de tout grade, aux affligés et aux pauvres, à tous les devoirs et à Dieu qui en est le principe et la fin !

M. Tamisier avait combattu dès l'heure ou beaucoup ignorent la lutte, vieilli à l'âge où beaucoup d'autres ont à peine mûri, et cependant ses yeux, son cœur avaient toujours toute l'attrayante sérénité, toute la pénétrante chaleur de la jeunesse. O rayon de la bonté divine, trop vite, remonté à sa source !

Je m'arrête, Messieurs; je ne saurais louer ici M. Tamisier comme il le méritait et comme vous le voudriez, sans faire injure à ses plus chères et plus fermes croyances. Un chrétien tel que lui, une chrétienne telle que la pieuse femme, — qui, après avoir noblement partagé sa vie, est si digne de garder l'héritage de son nom, de ses nobles vertus et de ses grands devoirs, — ne veulent de nous en ce lieu, devant sa dépouille mortelle et sous la bénédiction de la sainte Église, que des prières et des consolations.

Que nos âmes, Messieurs, s'élèvent à la suite des leurs, et rappelons-nous que depuis le jour ou Jésus Rédempteur a vaincu la mort, cette vie passagère a plus que son prix, les dévouements même héroïques ont plus que leur récompense : Dieu leur est donné ! Dieu leur appartient !

A cet homme si justement honoré, à cet ami excellent, à ce fils si dévoué, à cet époux et à ce père si tendre qui vient de nous quitter pour quelques jours, n'offrons que l'hommage et l'adieu de la foi et de l'espérance chrétiennes. Il est, — croyons-le, — demandons-le, — au seuil de l'éternelle miséricorde; il va toucher, voir et goûter la substance infinie de toute vérité, de toute beauté, de tout amour !

A Dieu !

BULLETIN ADMINISTRATIF.

La Télégraphie en Cochinchine et au Cambodge (*).

(Extrait d'un rapport de M. Demars, chef du service.)

Saïgon, le 2 mars 1875.

Les travaux suivants ont été exécutés depuis le mois de novembre dernier, époque de la fin des pluies et de la cessation de l'inondation.

La ligne de Tayninh (Cochinchine) à Pnumpenh (Cambodge), d'une étendue de 210 kilomètres, a été terminée le 20 janvier dernier.

Le roi du Cambodge a paru très-satisfait de cette nouvelle communication établie entre la Cochinchine et son royaume; Sa Majesté a, spontanément, fait transmettre la dépêche suivante à l'amiral-gouverneur :

« Pnumpenh, 20 janvier 1876, 4 h. 30 soir.

« *Roi Cambodge à amiral-gouverneur, Saïgon.*

« Je veux être le premier à me servir de la nouvelle ligne de
« Pnumpenh à Saïgon par Tayninh pour vous renouveler mes
« sentiments d'estime et d'affection. Je vous prie d'exprimer
« toute ma satisfaction à votre service télégraphique. »

Le gouverneur a répondu immédiatement par ce télégramme :

(*) Voir *Annales*, t. II, p. 413.

« Saïgon, 20 janvier, 5 h. soir.

« *Le Gouverneur à Sa Majesté le roi du Cambodge.*

« Pnumpenh.

« Je remercie Votre Majesté du nouveau témoignage de ses « sentiments affectueux. Elle sait que je suis aussi dévoué à « sa personne qu'aux intérêts de son peuple. Je me réjouis de « tout ce qui tend à resserrer les liens qui unissent le Cam- « bodge à la Cochinchine, et j'attachais un grand prix à la con- « struction de la ligne directe entre Saïgon et Pnumpenh. »

Tout en s'occupant activement de la ligne du Cambodge, on a pressé la construction de la ligne de Cantho à Longxuyen (Cochinchine), 60 kilomètres.

Cette ligne suit la rive droite du Bassac depuis Longxuyen jusqu'à Cantho. Elle est entièrement établie sur poteaux; les arbres vivants n'ont été utilisés que pour les traversées d'arroyos.

De Longxuyen au Rach-sang-ban, près duquel atterrit le câble dit du Lapvio, qui traverse le Bassac, le fil a été placé sur les poteaux de la ligne de Longxuyen à Sadec.

La nouvelle ligne ne s'écarte du fleuve qu'en deux endroits : à Banglang et entre le Rach Tobe et le Rach Caike; sur ces deux points, la rive devient basse et marécageuse; pour trouver un terrain ferme, les poteaux ont dû être éloignés dans l'intérieur, de 100 à 150 mètres environ.

Toute cette rive est envahie par les eaux à l'époque des inondations. De Longxuyen à Binhthuy, elle est peu boisée et peu habitee. Les babitations ne se groupent en villages que sur les bords des arroyos qui affluent dans le fleuve. Les embouchures de ces arroyos se reconnaissent de loin à la végétation plus abondante et plus haute qui les entoure et surtout aux plantations d'aréquiers et de cocotiers qui avoisinent les cases.

Parmi ces villages, les seuls importants sont ceux de Totnot et d'Omon. Partout ailleurs, on ne rencontre que des cases isolées ou groupées en très-petit nombre, et çà et là quelques bouquets d'arbres. Des tronçons de chemin, des débris de pieux plantés en travers des arroyos, semblent indiquer qu'à une

certaine époque on a eu l'intention d'établir une route et des ponts le long du fleuve.

A partir de Binh-Thuy, le bord du fleuve prend un aspect nouveau; Binh-Thuy, grand marché, plus important que Cantho, occupe un espace considérable, tant sur les bords de l'arroyo que sur la rive du fleuve et sur l'île vis-à-vis.

De Binh-Thuy à Cantho, la rive est bordée d'un rideau de bois de tram (Cajeput), derrière lequel se trouve un chemin praticable aux piétons. C'est le long de ce chemin que sont plantés les poteaux de la ligne.

Les passages d'arroyos sont effectués au moyen de poteaux doubles ou d'arbres assez élevés pour mettre le fil hors des atteintes des mâts d'embarcations; la plupart de ces arroyos ont une largeur qui ne dépasse pas 50 mètres; les quatre suivants font exception :

Rach Tot not.	80	mètres.
Rach Omon.	90	—
Rach Bang tang.	80	—
Rach Binh thuy.	100	—

Cantho, marché assez important, chef-lieu de l'arrondissement du Traon, qui se compose de onze cantons et de cent dix-neuf villages, appartient à la province de Chaudoc. C'est la résidence de l'administrateur de l'arrondissement. Il existe aussi une école indigène et une chrétienté annamite.

Ls bureau télégraphique a été ouvert à la correspondance officielle et privée le 8 février.

Diverses interruptions ont eu lieu sur les câbles sous-marins de Chine et de l'Indo-Chine.

Le câble de Nangasaki à Vladisvostock a été interrompu le 14 novembre, rétabli le 22, interrompu de nouveau le 23 novembre et réparé le 8 décembre 1875.

Le câble de Penang à Madras a été interrompu le 13 novembre et rétabli le 24 décembre 1875.

Le câble de Shanghaï à Nangasaki, interrompu le 23 décembre, a fonctionné de nouveau le 2 février dernier.

RÉPARTITION DES BUREAUX PAR PROVINCE.

Province de Giadinh ou Saïgon.

Saïgon Central.
Saïgon, rue de Canton.
Cholon.
Benluc.
Gocong.
Tanan.
Tayninh.
Thudaumot.

Province de Mytho.

Mytho.
Caïbé.
Bentré.

Province de Bienhoa.

Bienhoa.
Baria.
Cap Saint-Jacques.
Phare Saint-Jacques.
Longthanh.

Un câble sous-marin atterrissant au cap Saint-Jacques dessert Singapore et Poulo-Penang et rejoint à Madras le réseau indien. A Singapore, bifurcation sur Sumatra, Java et l'Australie. Un câble sous-marin partant du cap Saint-Jacques dessert Hongkong, Amoy, Gutglaff, Shanghaï, Nangasaki, aboutit à Vladivostock et se relie par les lignes sibériennes au réseau européen.

Province de Vinhlong.

Vinhlong.
Travinh.

Province de Chaudoc.

Chaudoc.
Sadec.
Soctrang.
Cantho.
Longxuyen.

Province d'Hatien.

Hatien.
Rachgia.

Royaume du Cambodge.

Pnumpenh.
Kampot.

Réseau.

Le réseau de la Cochinchine française et du Cambodge est de 1.940 kilomètres de lignes et 47 câbles sous-fluviaux desservant 27 bureaux ouverts et 7 autres établis à Saïgon pour les besoins de l'administration de la colonie, de la marine et à Pnumpenh pour le service du roi du Cambodge.

Lignes.

Nos des fils.	LIGNES.	DISTANCE en kilomètres des fils.	CABLES sous-fluviaux.	
			Nombre.	Longueur.
		kilomèt.		mètres.
1	Ligne directe de Saïgon au cap Saint-Jacques.	176	3	1.520
2	Ligne omnibus de Saïgon à Bienhoa, Longthanh, Baria et le cap Saint-Jacques.	179	3	1.525
3	Ligne du cap Saint-Jacques au phare.	4	»	»
4	Ligne de Bienhoa à Thudaumot. .	25	1	700
5	Ligne de Saïgon au Benluc, Tanan et Mytho.	90	5	850
6 et 7	Ligne de Saïgon à Gocong, Mytho, Caibé, Vinhlong, Sadec, Longxuyen, Chaudoc et Hatien. . . .	434	17	8.000
8	Ligne de Chaudoc à Pnumpenh (Cambodge).	130	8	1.260
9	Ligne de Hatien à Kampot (Cambodge).	70	»	»
10	Ligne de Kampot à Pnumpenh (Cambodge).	165	»	»
11	Ligne de la station télégraphique de Pnumpenh au palais du roi du Cambodge.	3	»	»
12	Ligne de Mytho à Bentré, Travinh à Soctrang.	183	7	11.200
13	Ligne de Longxuyen au Rachgia. .	74	»	»
14	Ligne de Saïgon à Cholon	6	»	»
15	Ligne de Saïgon à Tayninh.	115	»	»
16	Ligne de Saïgon-Central à Saïgon rue de Canton.	3	»	»
17	Ligne de Saïgon hôtel du gouvernement au vaisseau *le Fleurus*. .	3	»	»
18	Ligne de Saïgon hôtel du gouvernement à la direction de l'intérieur.	2	»	»
19	Ligne de Saïgon-*Fleurus* à l'arsenal.	2	»	»
20	Ligne de Saïgon-gouvernement au service administratif.	2	»	»
21	Ligne Saïgon-service administratif au magasin des subsistances. . .	3	»	»
22	Ligne de Tayninh (Cochinchine) à Pnumpenh (Cambodge).	210	2	2.000
23	Ligne de Longxuyen à Cantho. . .	61	1	90
	Totaux.	1.940	47	27.145

Bureaux ouverts à la correspondance télégraphique privée.

Saïgon, direction et bureau central.
Saïgon, rue de Canton.
Bienhoa.
Thudaumot.
Longthanh.
Baria.
Cap Saint-Jacques.
Phare Saint-Jacques.
Tayninh.
Cholon.
Benluc.
Gocong.
Tanan.
Mytho.
Caibé.
Vinhlong.
Sadec.
Longxuyen.
Rachgia.
Cantho.
Chaudoc.
Hatien.
Bentré.
Travinh.
Soctrang.
Pnumpenh (Cambodge).
Kampot (Cambodge).

Bureaux non ouverts au public.

A Saïgon : Hôtel du gouverneur.
Direction de l'intérieur.
Arsenal.
Vaisseau *le Fleurus*.
Services administratifs de la marine.
Subsistances.
A Pnumpenh : Palais du roi.

La télégraphie privée a produit au profit du budget local, 37.272f,26.

Les dépêches officielles ont donné pour mémoire, dans cette même année, une taxe de 711.293f,50.

Cet usage si fréquent de la franchise télégraphique, étendu par des arrêtés du gouverneur à tous les services de la colonie, est indispensable dans ce pays où la poste met, par exemple : 6 jours pour se rendre de Saïgon à Hatien, 8 jours de Saïgon à Pnumpenh, 3 jours du cap à Saïgon, etc.

Service télégraphique de la Nouvelle-Calédonie.

Extrait du rapport d'ensemble adressé par M. Lemire à la date du 27 janvier 1876.

La création du réseau télégraphique de la Nouvelle-Calédonie a été décidée par le département de la marine en juillet 1873. Le 18 décembre, un personnel détaché de l'administration des

lignes télégraphiques débarquait à Nouméa. Peu après, le 16 mars 1874, le chef du service succombait aux suites d'une insolation prise en faisant l'étude de la ligne de Nouméa à Païta. L'intérim de la directien fut confié à M. Guette, qui fit poursuivre la ligne de Païta et livra ce bureau, le 25 septembre, à la correspondance officielle et privée. Il avait fait construire dans de bonnes conditions la ligne de la presqu'île Ducos, dont le bureau relié à celui de Nouméa avait été ouvert le 13 juillet. Il fit une première étude de la ligne vers la baie du Sud, dont la construction est ajournée après l'examen d'un nouveau tracé conforme au projet de route.

M. Lemire, envoyé de France, prit le service le 5 octobre 1874. Les travaux recommencèrent le 29 du même mois au delà de Païta. Pendant ce temps, le chef du service, chargé d'étudier le tracé du réseau complet, faisait à pied le tour de la côte Ouest et de la côte Est, dressait une carte de son itinéraire et exposait dans un rapport d'ensemble les voies et moyens propres à assurer l'exécution de l'entreprise.

Le fil électrique atteignait Bouloupari le 22 mars 1875 et un bureau fut ouvert dans cette localité le 16 mai. La ligne télégraphique fut conduite à Ouaraï, à Bouraï, le 15 juin. Celle de Canala fut retardée par les difficultés qu'offre le passage des forêts de la chaîne centrale de montagnes et par un ouragan qui enleva plusieurs kilomètres de ligne. Elle n'a atteint Canala que le 2 août. Le bureau de cette localité fut ouvert au public le 23 août 1875.

Le 1er septembre, quatre ateliers avaient été organisés. Ils se partagèrent la côte Est, de Canala à l'embouehure du Diahot, en quatre sections : de Canala à Houaïlou, de Houaïlou à Touo, de Touo à Oubatche, de Oubatche à Balaboum (bouches du Diahot). Les difficultés de transport et d'approvisionnement étaient grandes. Le matériel, les vivres et une partie du personnel furent embarqués à Nouméa, par les soins de l'administration pénitentiaire, sur une goëlette et un côtre. Le voyage et la distribution à pied d'œuvre s'opérèrent sans encombre, malgré le mauvais temps. Un accident peu grave arriva à une pirogue occupée au débarquement de l'atelier n° 2 et qui chavira. Un débordement et un ouragan enlevèrent la section de ligne construite à l'embouchure de la Tiouaka, près de Wagap.

Cette ligne s'appuyait sur un îlot qui fut emporté par les eaux. L'atelier n° 3 fit naufrage sur les brisants de la baie d'Ouaième. Malgré la présence des requins, on opéra le sauvetage sans perte d'hommes. La ligne fut établie sur des poteaux hissés par des canaques dans les roches à pic à 200 pieds au-dessus de la mer (*). Le chef de l'atelier n° 4, bien que blessé, continua le travail. Le 31 décembre 1875, le fil télégraphique, d'une longueur de 340 kilomètres, était posé de Canala à Balaboum, reliant ainsi Nouméa au nord de l'île, à une distance de 570 kilomètres.

Les appareils étaient parvenus à Ouaïlou, Oubatche et Oégoa, où des bureaux ouvriront dès que le personnel qui doit les gérer sera prêt.

Dans le même temps, une ligne était établie entre le chef-lieu, le Pont des Français et la Dombéa. Ces localités et celles de Bouraké et de Boalaboum seront desservies par des appareils à cadran, attendus de France très-prochainement.

Enfin, le 24 octobre, un câble sous-marin a été immergé entre l'île Nou et la presqu'île Ducos. Le diamètre de ce câble est de $0^m,027$; son poids dans l'air de 4.760 kilog. L'âme est composée d'une torsade de 7 fils de cuivre rouge entourés de trois couches de gutta-percha, de deux tresses de filin et d'une armature de 12 fils de fer, de $0^m,005$ de diamètre. La longueur immergée est de 1.800 mètres. Les fonds sont de 15 à 17 mètres. Les navigateurs sont priés de ne pas jeter d'ancres à moins de 100 mètres dans le S.-E. et le N.-O. de la ligne qui se trouve au S. 44° O. du sommet Kuauri, direction dans laquelle est mouillé ce câble.

Il a été transmis dans l'année, malgré le peu de temps qu'ont fonctionné les principaux bureaux :

2.698 dépêches officielles, taxées 12.185 francs; 1.603 dépêches privées, taxées $5.065^f,65$; soit 4.301 transmissions taxées $17.250^f;65$. Le nombre des bureaux a été porté de 3 à 8, savoir : Nouméa, Ducos, Païta, Bouloupari, Uaraï, Bouraï, Canala et l'île Nou.

(*) La roche fut trouvée trop faible pour y sceller les tiges en fer des isolateurs.

Les appareils et accessoires sont en dépôt à Ouaïlou, Oubatche et Oégoa pour l'ouverture prochaine de ces bureaux.

Le nombre de kilomètres de fil est de 690.450 mètres, plus 1.800 mètres de câble sous-marin. Quatre ateliers ont été successivement formés en 1875. Deux sont dirigés par des surveillants télégraphiques métropolitains et deux par des surveillants auxiliaires coloniaux. En octobre, la surveillance des sections de lignes de Nouméa à Ducos et de Nouméa à Bouloupari, de Bouloupari à Ouaraï et de Ouaraï à Bouraï a été assurée par la nomination d'un surveillant pour chacune de ces sections, qui seront revisées et améliorées dans le courant de cette année.

Il reste à assurer l'entretien et les réparations de la section de la Foa à Canala et de Canala à Touo, d'une part, et de Touo au Diahot, d'autre part.

Le département de la marine n'avait eu d'abord en vue que la ligne de Nouméa à la baie du Sud d'une part; à Bouraï et Canala, d'autre part, soit 268 kilomètres; mais le mouvement de la population, des transactions maritimes, commerciales et minières étant plus considérable dans la région du Diahot qu'à la baie du Sud, où il n'existe qu'une exploitation de bois, et qui est d'ailleurs peu éloignée du chef-lieu par mer, il a paru rationnel de continuer vers le Nord avant de relier le Sud.

De même, au lieu de construire la ligne principale à deux fils, la configuration de l'île a fait adopter pour le réseau électrique la forme d'un fer à cheval, ayant pour base la ligne d'Ouaraï à Canala, pour sommet les bouches du Diahot et pour côtés la ligne de l'Est et celle de l'Ouest. De la sorte, lorsque l'une sera interrompue, il y aura de plus grandes probabilités pour que l'autre ligne y supplée, et l'avantage sera d'avoir desservi la colonie entière.

Cette année, la côte Ouest sera entreprise. Une partie du matériel y a déjà été envoyée jusqu'à Muéo, d'une part, et jusqu'à Koumak, d'autre part. La Compagnie foncière de la Calédonie, dont le siége est à Gomen (Teoudié), a promis son concours.

Un bureau pourra être établi à Gatope, lors du rétablissement du poste.

L'entretien de la ligne construite au-dessus des schistes ardoiseux qui forment les roches à pic de Ouaïène (côte Est) exige la confection d'un sentier quelconque dans ces dangereux parages qui ne peuveut être tournés, étant adossés à une série de crêtes très-rapprochées formant entre elles de profonds ravins boisés. Une étude du terrain sera présentée.

Enfin, on s'occupe activement de la publication du relevé de l'itinéraire autour de la Calédonie, dressé par les soins du chef du service télégraphique.

Dernières nouvelles. — Nouméa, 2 mars 1876.

..... Le 22 février, à cinq heures du soir, le bureau de Canala signalait un violent ouragan venant de l'Est. Le baromètre tombait de 758 à 740. Le gouverneur fit prendre immédiatement les mesures nécessaires en rade et dans les ports. Dans la nuit, la ligne de Canala était interrompue. Le vent avait sauté au Nord. Le lendemain 23, le bureau de Bouraï signalait le passage du cyclone, ainsi que Ouaraï. Le vent était tourné à l'Ouest et le baromètre était tombé à 735. Peu après cette section était interrompue. Vers deux heures, l'ouragan se déchaînait sur Nouméa, la ligne de Païta était brisée. A trois heures et demie, le bureau de la presqu'île Ducos signalait l'enlèvement par le cyclone des casernes et de toutes les maisons en bois. Celles en pierre s'effondraient. A quatre heures, la ligne était brisée. A neuf heures, l'ouragan était dans toute sa force à Nouméa. Une partie de la toiture du bureau et du nouveau magasin était emportée. Les navires en rade s'enchevêtraient les uns dans les autres. A Nouméa, comme à Canala, il y a eu des naufrages à déplorer.

Le 24, la pluie continua. Le 25 au matin, commencèrent les réparations sur la section de la presqu'île Ducos et sur Païta. En peu de jours, toutes les lignes ont été mises en état de fonctionner, mais la réfection sera longue et retardera les travaux de la côte Ouest qui allaient commencer.

3560 Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière et Ce, rue Racine, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1876 **Juillet-Août**

SUR QUELQUES MODIFICATIONS
DANS LES COMMUNICATIONS ÉLECTRIQUES
DE L'APPAREIL MULTIPLE MEYER.

Nous nous proposons de décrire les modifications apportées dans les communications électriques de l'appareil multiple Meyer, depuis la description de cet appareil parue dans les *Annales* en septembre-octobre 1874.

Elles consistent : 1° dans l'emploi de deux relais distincts pour la réception à l'arrivée et le contrôle au départ; 2° dans la nouvelle disposition que M. Meyer a donnée à son clavier, afin que les deux stations en correspondance puissent travailler avec le même pôle de la pile.

Nous indiquerons à la suite un moyen imaginé par nous dans le but de remédier à l'inégalité de durée des émissions de courant destinées à la formation du point et du trait.

I. *Emploi de deux relais distincts pour la réception à*

l'arrivée et le contrôle au départ. — L'appareil à quatre transmissions décrit dans le numéro des *Annales* de septembre-octobre 1874 ne comporte qu'un seul relais, lequel est traversé à la fois, pendant la transmission, par le courant envoyé sur la ligne, et pendant la réception, par le courant du correspondant venant de la ligne. Il en résulte que cet instrument travaille sous l'action de courants d'intensités très-différentes ; car l'intensité du courant normal d'émission est augmentée de la valeur des dérivations qui existent le long de la ligne, et l'intensité du courant d'arrivée est diminuée de la même quantité.

Pour que l'appareil fonctionnât dans les meilleures conditions, il faudrait deux réglages distincts : l'un pour les courants émis, l'autre pour les courants reçus.

Ce raisonnement m'a conduit à adapter à l'appareil Meyer deux relais, dont l'un est actionné par les courants de départ et l'autre par les courants d'arrivée. Les deux relais sont installés de la façon suivante (Pl. VII).

Le relais qui reçoit le courant du poste correspondant (relais récepteur, RR) est embroché sur le fil allant du commutateur C à la borne-terre ; le fil de sortie des bobines des récepteurs 1, 2, 3, 4 n'aboutit plus au commutateur C, comme dans la disposition primitive, car le courant de la pile locale traverserait les relais de réception en même temps que les électro-aimants locaux : il est maintenant relié directement à la borne-terre. Enfin la ligne est attachée au massif M de l'appareil.

Le courant venant de la ligne a donc la marche suivante : massif, style supérieur, claviers, fil réunissant les traverses sur lesquelles les touches des claviers appuient à l'état de repos, commutateur C (bouché), relais récepteur et terre.

Lorsque l'on transmet, le courant se rend, par les touches abaissées, aux divisions correspondantes du distributeur, puis au style supérieur, au massif et sur la ligne.

Le relais récepteur, on le voit, n'est pas actionné par le courant de départ, mais le contrôle de la transmission est supprimé.

Pour obtenir ce contrôle, il suffit d'*embrocher* le second relais RT (relais transmetteur) sur le fil qui relie la pile de ligne au clavier voisin (le clavier n° 4).

Enfin la pile locale, au lieu d'arriver directement à la languette du relais récepteur RR, est reliée à celle du relais de contrôle RT dont la vis de buttée est elle-même reliée à la languette du relais RR. De cette façon, le circuit étant fermé quand les languettes des deux relais appuient contre leurs arrêts, la pile locale est interrompue et l'impression se produit à chaque mouvement de l'un ou de l'autre relais.

Le courant, à l'arrivée, étant, à cause des dérivations de la ligne, plus faible qu'au départ, le relais récepteur sera construit avec des bobines suffisantes pour obtenir une grande sensibilité ; par contre le relais transmetteur, pouvant sans inconvénient avoir une sensibilité bien moindre, sera construit avec des bobines de faible résistance.

Cette modification permet encore d'employer des pôles de même nom aux deux extrémités de la ligne ; or il peut y avoir intérêt, au point de vue des lignes souterraines ou sous-marines qui font partie du circuit, à n'employer que des courants positifs de part et d'autre.

Mais si les postes correspondants travaillent avec des pôles de même nom, il arrivera, sur les lignes d'une certaine longueur, que le relais récepteur du poste qui transmet se mettra à fonctionner sous l'action du courant

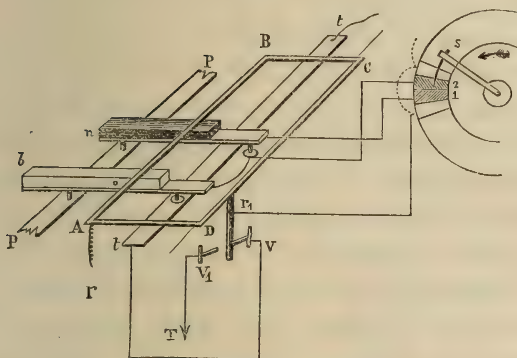
de retour. M. Meyer a imaginé la disposition suivante pour rémédier à cet inconvénient.

II. *Nouveau clavier de M. Meyer pour l'emploi du même pôle de la pile aux deux extrémités de la ligne.* — Dans le système primitif, tous les intervalles du distributeur communiquaient entre eux et étaient reliés à un même fil de terre. Dans le système actuel, ce fil de terre est supprimé, le relais récepteur étant embroché sur le fil qui met en communication toutes les traverses sur lesquelles les touches des claviers appuient à l'état de repos. Les intervalles d'un même quadrant du distributeur sont encore reliés entre eux, mais sans communication avec ceux du quadrant voisin. Au-dessus de chaque clavier est placé un cadre horizontal ABCD, qui pivote autour de l'axe CD, et dont le côté AB appuie sur les touches; le ressort à boudin r le tient abaissé contre celles-ci, avec lesquelles d'ailleurs il n'a aucune liaison électrique. L'axe CD porte un ressort droit vertical r_1 isolé du cadre, et auquel aboutit un fil reliant entre eux tous les intervalles du quadrant du distributeur correspondant au clavier considéré.

La figure représente une touche noire n (touche du point) et une touche blanche b (touche du trait) avec leurs communications. Sur le distributeur sont dessinées 4 divisions : la division ombrée 1 correspond à la touche noire, et la division ombrée 2 complète le trait quand on abaisse la touche blanche; les deux autres divisions sont des intervalles.

Cela posé, lorsque aucune touche n'est abaissée, le ressort r_1 presse contre la vis V, reliée à la traverse tt, qui communique avec le relais récepteur. Mais en abaissant une touche quelconque, on soulève le cadre ABCD, et le ressort r_1 vient presser contre la vis V_1, qui est en com-

Fig. 1.



munication directe avec la terre; tous les intervalles du quadrant correspondant sont ainsi mis à la terre, et le courant de retour, au lieu d'agir sur le relais récepteur, se déchargera directement à la terre.

Grâce à ces nouvelles dispositions, l'appareil Meyer a gagné les avantages suivants : 1° possibilité d'adapter à la réception des relais à grande résistance (et par suite très-sensibles), le relais récepteur du poste qui transmet n'étant plus dans le circuit pendant la transmission; 2° possibilité d'employer le même pôle de la pile aux deux extrémités de la ligne; 3° décharge directe à la terre après chaque émission.

III. *Moyen de remédier à l'inégalité de durée des émissions du courant pour le point et le trait.* — Quel que soit le signal émis, point ou trait, la durée de la décharge est toujours la même, et correspond à une seule division du distributeur : sa durée est égale à la durée d'émission du point, tandis que le trait occupe une durée double de cette dernière. Il en résulte que l'intervalle de mise à la

terre après un trait sera insuffisant, et que la ligne conservera une partie de sa charge bien supérieure à celle qu'elle garde après le point. Si l'on augmentait l'intervalle de mise à la terre, la ligne serait trop déchargée après l'émission du point, et de plus, pour un distributeur de dimensions données, l'accroissement des intervalles obligerait à restreindre l'espace consacré aux émissions, et par suite à ralentir la vitesse. Or, pour les transmissions rapides sur les longues lignes, il importe que le conducteur reste dans les mêmes conditions électriques après l'émission d'un signal quelconque. On arrivera à ce résultat en faisant en sorte que la charge de la ligne, à la fin d'un trait, ne soit pas supérieure à ce qu'elle est à la fin d'un point. J'ai proposé dans ce but de dériver le courant du trait, pendant la seconde moitié de la formation de ce signal, c'est-à-dire pendant le passage de l'aiguille sur la seconde des deux divisions du distributeur nécessaires pour le trait, à travers un rhéostat dont la résistance serait déterminée expérimentalement, de façon à maintenir la ligne pendant cette portion de l'émission, dans l'état de charge où elle est à la fin du point.

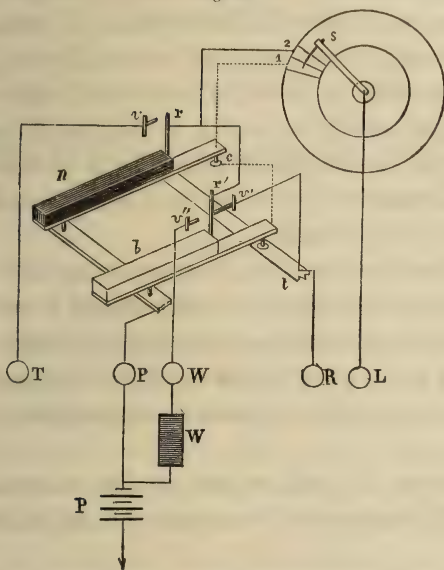
Mais cette dérivation ne peut être établie en permanence : la surface du distributeur servant tantôt à la transmission et tantôt à la réception, il faut que cette dérivation soit seulement établie lorsqu'on transmet et puisse être supprimée aussitôt après.

La disposition suivante (*) réaliserait simplement ces diverses conditions.

Le cadre ABCD que les touches font basculer pour

(*) Il convient de faire remarquer que la disposition des ressorts placés sur les touches dont se sert M. Morel est empruntée au clavier de M. Willot, décrit page 309 de cette même livraison.

Fig. 2.



mettre les intervalles directement à la terre, lorsqu'on transmet, est toujours maintenu. Je ne reviendrai pas sur la description de son fonctionnement.

La *fig.* 2 représente 2 touches *n* et *b*, noire et blanche, et les divisions correspondantes 1 et 2 du distributeur.

Chaque touche porte un ressort vertical *isolé* *r*, *r'*.

Ces ressorts communiquent entre eux et avec la division 2. Le contact *c* communique avec la touche *b*; la touche *n* avec la division 1; la vis *v* avec la terre; la vis *v'* avec la borne R reliée à la traverse *t* et au relais de réception; la vis *v''* avec la borne W reliée à la sortie d'un rhéostat dont l'entrée communique avec la pile de ligne.

Supposons le style *s* en communication avec la divi-

sion 1 du distributeur. Si l'on reçoit, le courant passera par le style, la division 1, la touche *n*, le contact *c*, la touche blanche, la traverse *t* et le relais de réception.

Si l'on transmet un point, le courant de la pile de ligne ira directement de P en *n* et à la division 1 ; mais, en même temps, la division 2 sera mise à la terre par le contact du ressort *r* et de la vis *v*, et le courant de retour s'écoulera par ce chemin.

Si l'on transmet un trait, le courant ira de P en *b* et par le contact *c* à la division 1. Mais quand le style *s* sera sur la division 2, le courant ne pourra y arriver que par le rhéostat W, la vis v'' et le ressort r'. On pourra donc l'affaiblir autant qu'on voudra en augmentant la résistance W.

Le décharge du trait se fait par les intervalles et le cadre ABCD, comme dans le nouveau clavier de M. Meyer.

On sait que l'interruption de la pile locale qui produit l'impression est due à la répulsion de la palette du relais. Il pourrait se faire que l'on fût obligé, pour que la dérivation produisît un effet utile, d'affaiblir la seconde partie du trait, à tel point que la palette ne fût pas maintenue repoussée pendant cette seconde partie du trait.

Dans ce cas, il y aurait avantage à produire l'impression à l'aide des attractions de la palette du relais, car le magnétisme rémanent aidant, le courant le plus faible suffirait pour maintenir la palette au contact pendant la fin du trait.

O. MOREL,
Employé à la station centrale.

APPLICATION

DES

COURANTS INVERSÉS A L'APPAREIL MULTIPLE.

Dans le système électrique actuel de l'appareil multiple, il y a, après chaque émission de courant, un intervalle relié à la terre pour décharger la ligne. Cet intervalle est loin d'être suffisant pour ramener la ligne à la neutralité après chaque émission, et cette décharge incomplète s'oppose au succès de l'appareil multiple sur les longues lignes. Ainsi l'expérience prouve que pour marcher régulièrement sur la ligne de Paris-Marseille, il faut ralentir la vitesse à un degré tel que l'appareil est loin de donner le rendement que l'on pouvait espérer d'après les résultats obtenus entre Paris et Lyon.

Pour obvier à cet inconvénient, je propose l'application d'un système de transmission à courants inversés analogue à celui employé par M. Siemens pour la transmission sur les lignes sous-marines.

La planche VIII représente l'installation d'un clavier en relation avec un quart du distributeur pour un appareil quadruple. Les huit touches du manipulateur sont échelonnées les unes au-dessus des autres afin de pouvoir mieux suivre leurs relations avec le distributeur. L'extrémité de chaque touche porte une petite équerre en cuivre *e*. Sur le côté de l'équerre perpendiculaire à

la touche est fixé un ressort-lame très-flexible r, dont le prolongement viendrait passer par l'axe des touches o. Sur les deux équerres supportant l'axe des touches est fixé un rectangle d'ébonite évidé intérieurement de manière à laisser passer librement les ressorts r. Sur chaque côté du rectangle devant et derrière chaque ressort sont vissées huit petites colonnes métalliques telles que c, c_1, c_2. La partie supérieure de chacune d'elles est traversée par une vis de contact v, v_1, etc. Les deux vis v, v_1 limitent la course du ressort r. Les huit colonnes postérieures sont reliées respectivement au contact de repos de la touche correspondante. Les huit colonnes antérieures sont reliées métalliquement entre elles. (Dans la construction on pourrait les remplacer par un bloc en cuivre traversé par huit vis de contact.) La pile de ligne négative P − est attachée à la première colonne c, et communique par suite avec les huit colonnes antérieures en traversant préalablement la résistance R. La pile de ligne positive P + traverse d'abord le relais de transmission RT et est ensuite fixée à la traverse K des claviers. Ce système exige donc deux piles de lignes égales, l'une positive, l'autre négative ; à l'arrivée, le relais de réception RR est installé entre la terre et la traverse de repos des claviers ; il ne fonctionne que sous l'influence du positif. Le négatif produit seulement dans ce relais un renforcement des pôles magnétiques. La pile locale passe par les interrupteurs de chaque relais ; ce circuit sera donc rompu chaque fois que l'un des deux relais fonctionnera.

La division 1 du distributeur est reliée à la première touche noire, la division 2 est reliée à l'équerre e de la même touche et communique à l'état de repos de cette dernière par l'intermédiaire du ressort r_1 et de la colonne c_3 avec la première touche blanche. La division 3,

ou l'intervalle de décharge est reliée à l'équerre de la première touche blanche. Les autres touches du clavier sont reliées dans le même ordre aux divisions suivantes du premier quart du distributeur. Entre chaque quart il y a une division libre qui sert à la séparation des transmissions entre elles ; ces divisions (13, 14, 15, 16, 17, 18 et 19) sont reliées par un fil commun qui vient aboutir sur la traverse de repos des claviers. A l'appareil-type (l'appareil sans correction), la division 14 est reliée en permanence à la pile positive et le division 15 à la pile négative par la résistance R. La division 14 constitue l'émission correctrice, la division 15 la décharge après cette émission. Pour être dans de bonnes conditions théoriques, les divisions successives du distributeur dans chaque groupe (point ou première moitié du trait, seconde moitié du trait, intervalle), devraient être dans le rapport 2, 2, 4. Le distributeur actuel de l'appareil de Marseille réunit à peu près ces conditions, les divisions étant dans le rapport de 7, 7, 11. Cette disposition est essentielle pour le réglage unique de l'intensité du courant de décharge après le trait comme après le point. La ligne est fixée au massif de l'appareil.

Examinons maintenant la marche du courant et voyons comment se comportent la ligne et les organes électriques de l'appareil dans ce système. Je suppose que l'on ait à transmettre la lettre N (trait, point). La première touche blanche et la seconde touche noire sont abaissées. La première touche blanche sur contact envoie sur les divisions 1 et 2 du distributeur un courant positif. Par l'abaissement de cette touche, son ressort *r* quitte la vis de repos v_1 et vient buter contre la vis *v*, qui est en relation avec la pile négative par la résistance R. L'équerre sur laquelle est fixé le ressort *r*,

communiquant avec la division 3 du distributeur enverra sur cette dernière un courant négatif. Ces deux émissions de sens inverses sont amenées simultanément au distributeur par l'abaissement de la première touche blanche, et l'aiguille en passant sur ces divisions envoie successivement sur la ligne les deux courants. Le relais RT, étant dans le circuit de la pile positive, fonctionnera pendant le passage de l'aiguille sur les divisions 1 et 2 et donnera le contrôle de la transmission au départ. L'aiguille en arrivant sur la division 3, c'est-à-dire aussitôt après l'émission qui a concouru à la formation du premier trait, envoie sur la ligne une émission négative par la résistance R. Ce courant remplit ici une double fonction : il rappelle immédiatement l'armature du relais de réception RR au repos, et détruit la charge positive résultant du courant qui vient d'être envoyé sur la ligne par la première touche blanche. L'intensité de ce courant de décharge doit être réglée de façon qu'il soit suffisant pour annuler complètement la charge du courant positif, mais sans donner à la ligne une charge négative. C'est dans ce but que j'ai intercalé dans le circuit de la pile négative une résistance R : on règle ainsi l'intensité de la décharge d'après l'état de la ligne au moment de faire le service. La seconde touche noire étant abaissée pour former le point de la lettre N, envoie sur la division 4 du distributeur une émission positive ; son ressort *r* met en relation la division 5 avec la pile négative. L'aiguille continuant son mouvement de rotation emporte successivement sur la ligne ces deux émissions de sens inverses et a ligne se trouve après ce point, comme précédemment après le trait, ramenée à la neutralité. On voit qu'après chaque signal, point ou trait, la ligne se trouve traversée par un courant de sens inverse, de même longueur que

le courant direct et dont l'intensité se règle à volonté par le rhéostat R. Par cette disposition le courant positif, ou le courant qui sert à la formation des signaux trouve toujours la ligne dans le même état ou à l'état neutre. On parvient facilement à déterminer la résistance nécessaire à introduire dans le circuit de la pile négative. Par l'inspection de la bande de réception, on voit si la résistance du poste qui transmet est trop forte ou trop faible : si les signaux reçus sont trop grêles et manquent parfois, c'est que l'intensité du courant de décharge est trop forte ou la résistance trop faible; dans ce cas il faut faire augmenter graduellement la résistance au poste expéditeur. Si au contraire les signaux reçus sont irréguliers, collés ou se détachent difficilement, dans ce cas, la décharge n'est pas suffisante; il faut faire diminuer la résistance pour augmenter l'intensité de la pile inverse. On fait varier la résistance et l'on donne plus ou moins de sensibilité au relais de réception RR jusqu'à ce que la réception soit correcte.

La décharge par un courant de sens inverse ramenant immédiatement l'armature du relais de réception au repos, il en résulte une plus grande régularité dans les signaux. En se servant de la terre comme décharge, il arrivait fréquemment qu'un point se trouvait allongé et pouvait se confondre facilement avec un trait, et sur une ligne dépassant 500 kilomètres, la séparation des signaux entre eux, points et traits, n'avait lieu qu'à la condition de réduire la vitesse de rotation du chariot au maximum de 65 tours à la minute. L'emploi des courants inversés, en facilitant la décharge, donne donc une grande netteté dans les signaux. L'obstacle qui s'opposait à l'accélération de la vitesse disparaît; l'expérience que j'ai faite de ce système électrique sur un circuit de Lyon et re-

tour (1,000 kilomètres) a été concluante. J'ai pu élever la vitesse du quadruple à 120 tours à la minute : points et traits se succédaient avec la plus parfaite régularité. Cette vitesse de 120 tours ne pourrait être appliquée dans la pratique à l'appareil multiple ; la vitesse moyenne employée sur Lyon et avec laquelle on obtient le meilleur rendement (20 à 25 transmissions à l'heure et par clavier) est de 80 tours à la minute. Le résultat que j'ai obtenu sur le quadruple à la vitesse de 120 tours à la minute et sur le circuit bouclé de 1,000 kilomètres me permet d'espérer qu'avec ce système électrique on pourra faire un service régulier avec l'appareil multiple sur la ligne de Paris à Marseille.

WILLOT,
Employé à la station centrale.

DES ESSAIS ÉLECTRIQUES

DITS

DE LA BOUCLE

(LOOP-TEST)

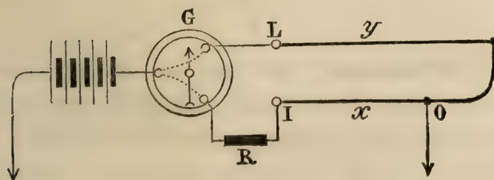
Ces essais s'appliquent à tous les conducteurs électriques dont les deux extrémités peuvent être mises simultanément à la disposition de l'opérateur. Ils conviennent donc à un câble en cours de construction, ou lové dans une cuve, et à un circuit formé de deux lignes aériennes, l'une en bon état, l'autre défectueuse, réunies ensemble à l'extrémité opposée à celle où l'on opère.

§ 1. — *Cas où le circuit a un défaut unique.*

Galvanomètre différentiel (*Varley*). — Soient x et y les résistances des portions du circuit qui séparent le défaut O, (*fig.* 1), des deux extrémités I et L, et l la résistance totale du circuit quand il n'a pas de défaut.

$$x + y = l. \qquad (1)$$

Fig. 1.



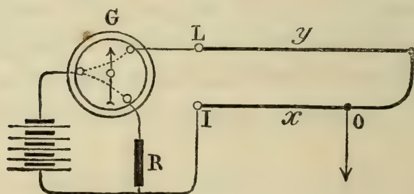
R étant un rhéostat et G un galvanomètre différentiel, établissons les communications comme le montre la *fig.* 1 : si R représente la résistance à introduire dans le rhéostat pour que le galvanomètre différentiel soit au zéro, on a, par l'égalité des résistances des deux circuits :

$$y = x + \mathrm{R}. \qquad (2)$$

Les équations (1 et 2) feront connaître x et y.

Si la ligne n'a qu'un défaut, il n'est pas nécessaire de connaître d'avance la résistance l du circuit en bon état; on peut la déterminer directement par la disposition suivante (*fig.* 2), dans laquelle aucun des pôles de la

Fig. 2.

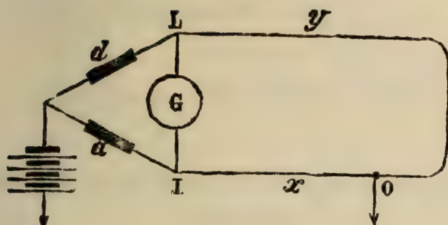


pile n'est réuni à la terre. Au point où se trouve le défaut, le potentiel de la ligne sera nul, mais aucun courant ne passera dans la dérivation, puisqu'il n'y a pas d'autre communication avec la terre dans le circuit. l étant alors la résistance du rhéostat R, pour laquelle la déviation du galvanomètre est nulle, on a :

$$x + y = l.$$

Pont de Wheatstone (*Murray*). — Formons un pont (*fig.* 3) dont deux branches adjacentes soient constituées par des résistances variables a et d, et les deux autres par les deux parties du circuit comprises entre les ex-

Fig. 3.



trémités et le défaut, quand l'équilibre est établi, on a :

$$\frac{x}{y} = \frac{a}{d}.$$

comme d'ailleurs

$$x + y = l,$$

on tire

$$x = \frac{a}{a + d} l.$$

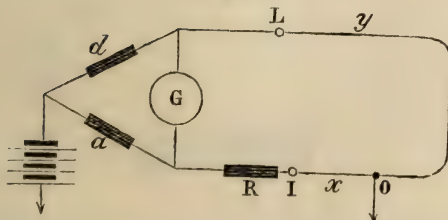
Pont de Wheatstone (*Varley*). — En introduisant un rhéostat R dans la partie x, on pourra établir un rapport arbitraire entre a et d, et déterminer la résistance R de manière à avoir l'équilibre. Alors (*fig.* 4)

$$x + y = l,$$

et

$$\frac{x + \mathrm{R}}{y} = \frac{a}{d};$$

Fig. 4.



d'où

$$y = \frac{d}{a+d}(l + \mathrm{R}) \quad \text{et} \quad x = \frac{al - d\mathrm{R}}{a+d},$$

et si

$$\frac{a}{d} = 1, \quad y = \frac{1}{2}(l + \mathrm{R}), \quad x = \frac{1}{2}(l - \mathrm{R}).$$

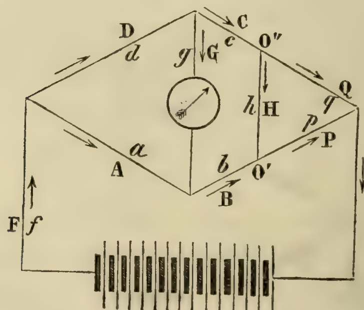
§ 2. — *Résultante des pertes dans un circuit électrique* (*).

Si nous appliquons la méthode précédente à un circuit électrique ayant deux défauts, la résistance du rhéostat fera connaître la position d'un *défaut virtuel*, qui remplace, dans l'expérience, les défauts réels du circuit, et qu'on pourra appeler le *défaut résultant*, ou la *résultante des pertes.*

Pour établir une relation simple entre la position du défaut résultant et celle de chacun des défauts réels, nous allons supposer dans le circuit deux pertes O′ et O″, et chercher par les lois de Kirchhoff la condition pour qu'il n'y ait pas de courant dans la branche du galvanomètre.

Dans la *fig.* 5, les résistances sont représentées par les

Fig. 5.



(*) Schwendler (*Philosophical Magazine,* septembre 1867).

petites lettres, et les intensités par les grandes lettres correspondantes. Les relations

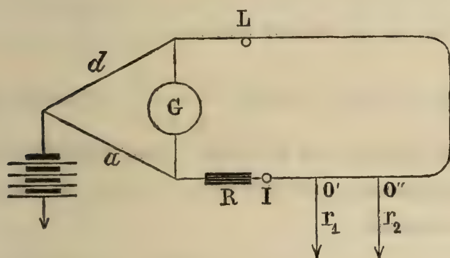
$$A = B, \qquad Hh + Pp - Qq = 0,$$
$$D = C, \qquad Cc + Hh - Bb = 0,$$
$$P = H + B,$$
$$C = H + Q,$$

fournissent l'équation de condition pour que $G = 0$, c'est-à-dire :

$$\frac{h+p+q}{aq-pd} = \frac{h}{bd-ac}.$$

Soient actuellement (*fig.* 6) x_1 et x_2 les distances IO′ et

Fig. 6.



IO′O″ des deux défauts O′ et O″ à l'extrémité I du circuit reliée au rhéostat, r_1 et r_2 les résistances propres des défauts, et l la résistance normale de la ligne IL, il faudra faire dans la relation précédente

$$b = R + x_1,$$
$$c = l - x_2,$$
$$p = r_1,$$
$$q = r_2,$$
$$h = x_2 - x_1.$$

ce qui donne

$$(x_2 - x_1)(ar_2 - dr_1) - (r_1 + r_2 + x_2 - x_1)[(R + x_1)d - (l - x_2)a] = 0.$$

Supposons que la résistance de la portion du conducteur $x_2 - x_1$, qui sépare les deux défauts, soit négligeable devant la somme $r_1 + r_2$ des résistances de ces défauts, on aura :

$$(x_2 - x_1)(ar_2 - dr_1) - (r_1 + r_2)[(R + x_1)d - (l - x_2)a] = 0;$$

d'où, posant

$$\rho = \frac{r_1}{r_2},$$

on tire

$$x_1 = (1 + \rho)\frac{al - dR}{a + d} - \rho x_2. \qquad (1)$$

Si $r_2 = \infty$, c'est-à-dire s'il n'y a qu'un défaut, on retrouve pour x_1 la valeur connue $\frac{al - dR}{a + d}$.

Appelons x cette valeur $\frac{al - dR}{a + d}$, calculée d'après la résistance obtenue au rhéostat, pour obtenir l'équilibre, dans l'expérience précédente ; x sera la distance du *défaut résultant.*

$$x = \frac{al - dR}{a + d}. \qquad (2)$$

Introduisons x dans la relation (1) pour éliminer R, et nous obtenons la relation très-simple

$$\frac{x_2 - x}{r_2} = \frac{x - x_1}{r_1},$$

c'est-à-dire que si nous assimilons les conductibilités $\frac{1}{r_1}$, $\frac{1}{r_2}$ des deux pertes à deux forces parallèles, il existe entre leurs positions et celle du défaut résultant la même relation qu'entre les points d'application de deux

forces parallèles $\frac{1}{r_1}$, $\frac{1}{r_2}$ et celui de leur résultante $\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}$.

On tire de là

$$x=\frac{\frac{x_1}{r_1}+\frac{x_2}{r_2}}{\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}}.$$

Si le circuit a n pertes (en supposant toujours la résistance de la portion du circuit qui sépare deux pertes consécutives négligeable par rapport à la somme des résistances des deux pertes), on composera d'abord deux pertes, leur résultante avec la troisième perte, et ainsi de suite, et l'on aura pour la position du défaut résultant général une formule analogue à celle qui donne le centre des forces parallèles,

$$x=\frac{\sum \frac{x}{r}}{\sum \frac{1}{r}}.$$

Si en chaque élément dx se trouve appliquée une perte dont la résistance soit une certaine fonction de sa distance x à l'origine, on aura

$$x=\frac{\int_0^l \frac{dx}{f(x)}\,x}{\int_0^l \frac{dx}{f(x)}}.$$

Enfin, si le conducteur est homogène, c'est-à-dire a la même perte en chacun de ses points, alors $f(x)=$ constante et

$$x=\frac{\int_0^l xdx}{\int_0^l dx}=\frac{l}{2},$$

c'est-à-dire, ce qui est évident *à priori*, que dans un conducteur *homogène* ou possédant une perte uniforme, le défaut résultant est situé au milieu de la longueur.

Homogénéité d'un câble. — De là résulte un moyen de vérifier si un conducteur, tel qu'un câble électrique, *est homogène*, c'est-à-dire possède le même isolement en tous ses points. S'il en est ainsi en effet, on peut remplacer toutes les pertes par une perte unique située au milieu du câble ; il faudra donc, dans l'expérience du pont (*fig.* 4), qu'en faisant $a = d$, on ait $x = y$, ou $R = o$. Si donc, en faisant $a = d$, il faut ajouter à x ou à y une résistance R pour établir l'équilibre, c'est que le défaut résultant est plus rapproché d'un bout que de l'autre, et par suite que le câble n'est pas homogène.

§ 3. — *Corrections pour les essais de la boucle.*

Tout câble homogène ayant ainsi une perte normale placée au milieu de sa longueur et d'une résistance égale à la résistance d'isolement du câble, s'il survient une perte accidentelle, l'expérience faite pour déterminer sa position fera connaître la *position apparente* de la résultante des pertes, et non pas la position réelle de la perte cherchée. Mais, comme la résistance d'isolement du câble en bon état est toujours bien supérieure à la résistance du conducteur lui-même, on pourra appliquer la règle précédente, et regarder la *perte apparente* comme la résultante de la perte *normale* du câble, située au milieu de sa longueur, et de la perte *accidentelle*, dont la position réelle se déterminera facilement, connaissant par l'expérience la position de la perte apparente.

Tel est le principe des corrections indiquées pour les

essais de la boucle par quelques électriciens anglais (*).

1° *Formule de M. Schwendler.* — C'est la formule déjà établie

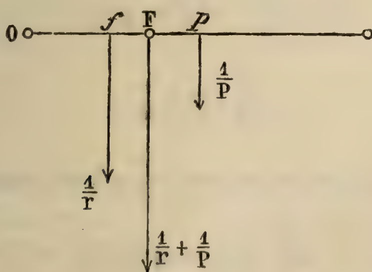
$$x_1 = (1 + \rho)\frac{al - dR}{a + d} - \rho x_2,$$

S'il s'agit d'un câble homogène, $x_2 = \frac{l}{2}$, et si de plus $a = d$, ρ étant toujours le rapport des résistances des pertes, on a

$$x_1 = \frac{l - R(1 + \rho)}{2}.$$

On peut retrouver ces formules sans passer par le calcul du pont. — L'expérience du pont fait connaître en effet la position apparente F de la faute, c'est-à-dire la position de la résultante de la perte accidentelle située en f et de résistance r, et du défaut normal d'isolement situé en p et de résistance égale à P (*fig.* 7).

Fig. 7.



En prenant les moments par rapport au point F, on aura, en représentant par f, F et p les distances des

(*) Voir Clark et Sabine, *Tables et formules électriques* (1871).

points à l'origine O,

$$\frac{1}{P}(p - F) = \frac{1}{r}(F - f).$$

Posant $\rho = \frac{r}{P}$, il vient

$$f = F(1 + \rho) - \rho p,$$

et, si le câble est homogène,

$$p = \frac{l}{2}.$$

2° *Formule de M. Hockin*, pour la méthode de Murray. — On a trouvé, page 317,

$$F = \frac{a}{a + d}\,l.$$

Appelons z la distance fp de la faute réelle f au milieu p de la longueur de la ligne ; en prenant les moments par rapport au point F, on aura (*fig.* 7)

$$\frac{1}{r}\left[z - \left(\frac{l}{2} - F\right)\right] = \frac{1}{P}\left(\frac{l}{2} - F\right),$$

d'où

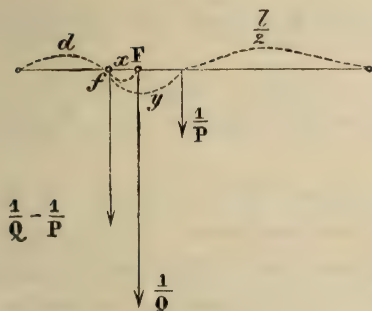
$$z = \left(\frac{l}{2} - F\right)\left(\frac{r}{P} + 1\right).$$

Remplaçant F par sa valeur $\frac{a}{a + d}\,l$, on a enfin :

$$z = \frac{l}{2}\left(\frac{r}{P} + 1\right)\frac{d - a}{d + a}.$$

3° *Formule de M. Herbert Taylor* (galvanomètre différentiel). — Soient A et B les distances de la faute apparente F aux deux extrémités de la ligne (*fig.* 8), x la distance fF de la faute réelle à la faute apparente, P la

Fig. 8.



résistance d'isolement du câble parfait, Q la résistance d'isolement du câble devenu défectueux. La valeur de la perte réelle *f* sera évidemment $\frac{1}{Q} - \frac{1}{P}$.

Prenons encore les moments par rapport à F, nous avons

$$\frac{1}{P}\left(\frac{A+B}{2} - A\right) = \left(\frac{1}{Q} - \frac{1}{P}\right)x$$

ou

$$\frac{1}{P}\left(\frac{B-A}{2}\right) = \frac{P-Q}{PQ}x$$

et

$$x = \frac{Q}{2}\frac{B-A}{P-Q}.$$

Q et P étant exprimés en unités de résistance, A et B en unités de longueur, x sera donné en unités de longueur.

Il est clair que la position vraie *f* de la faute est plus éloignée du centre que la position apparente. Si l'on appelle d la distance de la *perte réelle f* à l'extrémité du câble, y sa distance au centre de la ligne,

$$d = \frac{A+B}{2} - y.$$

or

$$\frac{1}{P} y = \frac{1}{Q} x, \quad \text{d'où} \quad y = \frac{P}{2} \frac{B - A}{P - Q},$$

et enfin

$$d = \frac{1}{2} \left[(A + B) - (B - A) \frac{P}{P - Q} \right].$$

Or, dans la méthode de la boucle par le galvanomètre différentiel, B — A représente la résistance R, qu'il faut donner au rhéostat pour établir l'équilibre ; B + A étant égal d'ailleurs à la résistance du conducteur qui forme le circuit total.

Résistance d'un défaut. — Si un défaut fait tomber la résistance d'isolement de la valeur R à la valeur r, la résistance x de défaut sera donnée par

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{R} + \frac{1}{x},$$

d'où

$$x = \frac{Rr}{R - r}.$$

J. R.

ENREGISTREURS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES.

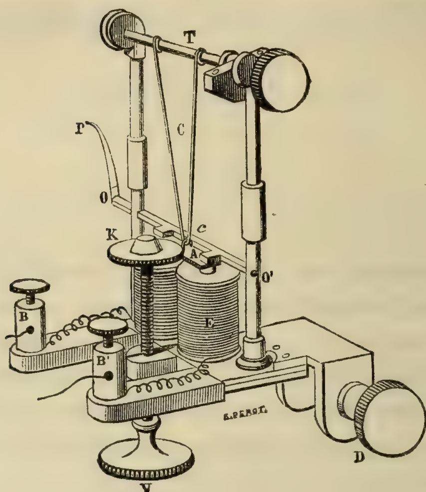
PAR M. MARCEL DEPREZ (*).

Mes recherches sur l'emploi de l'étincelle d'induction (**) et des traces électro-chimiques comme moyen d'enregistrement m'ayant démontré leur insuffisance, j'ai dû étudier l'emploi des enregistreurs électro-magnétiques. Ce sont eux qui ont été mis en usage, dès l'origine même des chronographes électriques, par Wheatstone, Konstantinoff, Martin de Brettes, etc. ; mais ils furent généralement abandonnés, par suite des défauts inhérents aux électro-aimants, sans que l'on parût croire qu'il fût possible de remédier à ces défauts.

Un enregistreur électro-magnétique se compose essentiellement d'une armature A, soumise d'une part à l'attraction d'un électro-aimant E et d'autre part à l'action d'un ressort antagoniste (*fig.* 1) en caoutchouc C, qu'on peut enrouler plus ou moins autour d'un petit treuil T, de manière à faire varier sa tension suivant les cas. L'armature A est mobile autour d'un axe OO′ et porte une plume OP, dont l'extrémité P est appuyée légèrement contre le cylindre tournant du chronographe. La direction de la plume doit être telle que le mouvement imprimé à son extrémité P soit sensiblement parallèle à l'axe du cylindre ou du moins fasse avec cet axe un petit

(*) Extrait du *Journal de physique théorique et appliquée.*
(**) Voir *Annales*, t. II, p. 574.

Fig. 1.



Grandeur naturelle.

angle, dont j'indiquerai tout à l'heure le sens. Enfin un petit disque K, porté à l'extrémité d'une vis V, sert à régler la course de l'armature A.

Le jeu de cet appareil est facile à comprendre : chaque fois que le courant est fermé ou rompu, l'armature A effectue un petit mouvement qu'elle transmet à la plume P; on obtient ainsi sur le cylindre tournant une succession de signaux dont les distances respectives font connaître, étant donnée la vitesse du cylindre, les intervalles de temps écoulés entre les fermetures et les ruptures du courant.

Au premier abord, rien ne semble différencier cet instrument des enregistreurs électromagnétiques déjà connus et employés. Il ne renferme en effet aucun organe nouveau, et cependant il est, dans son ensemble, le

résultat de longues recherches, que je vais exposer succinctement.

La première condition que doit remplir cet appareil est d'avoir un retard invariable. Or c'est là un résultat très-difficile à atteindre avec les électro-aimants ordinairement employés en télégraphie, dont le retard est en outre très-considérable. Pour réduire le retard à ses dernières limites, j'ai été obligé de donner à l'électro-aimant des dimensions très-petites. Le noyau de fer doux n'a que 2 millimètres de diamètre et 10 millimètres de longueur. Mais le retard total des indications se compose de deux parties : la première due au temps que nécessite l'aimantation ou la désaimantation, la seconde due à l'inertie des pièces mobiles de l'appareil, qui mettent un certain temps pour accomplir leurs oscillations. Si l'on désigne par

f l'effort de traction développé sur l'armature par le ressort antagoniste;
l la distance du point d'application de cet effort à l'axe de rotation;
L la longueur de la plume;
P le poids total des organes mobiles;
ρ le rayon de giration de ces organes, par rapport à l'axe de rotation;
g l'accélération due à la pesanteur,

l'accélération *linéaire* $\frac{dv}{dt}$ de l'extrémité de la plume, lorsque le courant est rompu, sera donnée par la formule

$$\frac{dv}{dt} = \frac{fLl}{P\rho^2} g.$$

Si l'on compare entre eux deux enregistreurs dont toutes les pièces mobiles sont homologues, k étant

le rapport de similitude, on voit que, pour un même effort de 1 gramme, par exemple, développé par le ressort antagoniste, le produit Ll sera du deuxième degré, tandis que le moment d'inertie $P\rho^2$ sera du cinquième degré; il résulte de là que l'accélération linéaire imprimée à la plume sera inversement proportionnelle à k^3. On a donc intérêt à employer les pièces mobiles le plus petites possible. Les dimensions auxquelles je me suis arrêté, après de long tâtonnements, sont les suivantes :

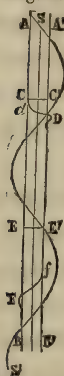
	millim.
Longueur de l'armature	10
Largeur	2
Épaisseur	0,5
Distance du centre de gravité à l'axe	3
Longueur de la plume (triangulaire)	15
Largeur à la base	1
Épaisseur	0,06
Longueur du bras de levier du ressort antagoniste	3

Le produit $P\rho^2$ est, en prenant pour unité de poids le milligramme et pour unité de longueur le millimètre, inférieur à 1.000.

Si l'on suppose que la tension du ressort antagoniste soit égale à 1 gramme, on trouve que l'accélération linéaire imprimée à l'extrémité de la plume, au moment de la rupture du courant, atteint 450 mètres par seconde. Or on peut faire supporter à cette armature, sans produire l'arrachement, un effort de 400 grammes : l'accélération devient alors égale à 180.000 mètres par seconde et, si la course de la plume est de 2 millimètres, elle arrive à atteindre à l'extrémité de cette course une vitesse égale à $\sqrt{2 \times 180.000 \times 0,002}$, soit près de 27 mètres par seconde au bout d'un temps à peu près égal à $\frac{1}{6700}$ de seconde. Le déplacement de l'armature étant très-petit, la force du ressort qui agit sur elle peut être considérée

comme constante, et par suite, la trajectoire relative de la plume et du cylindre tournant s'approche beaucoup d'un arc de parabole, compris entre les deux traits tracés sur le cylindre lorsque la plume est au repos, à l'une ou à l'autre extrémité de sa course.

Fig. 2.



La figure schématique ci-contre (*fig.* 2) représente un tracé obtenu au moyen de cet enregistreur : AB et A'B' sont les traces laissées par la plume lorsque l'armature butte contre les arrêts qui limitent sa course. CC' et EE' sont les traces obtenues en faisant tourner le cylindre avec une vitesse extrêmement petite, la première CC' correspond à la rupture du courant et la seconde EE' correspond à son rétablissement. Enfin *d*D et *f*F sont les traces laissées par la plume lorsque le cylindre est animé d'une vitesse linéaire de 4 mètres par seconde. La sinussoïde SS', tracée par le diapason, fait connaître la vitesse du cylindre. J'ai indiqué, dans la première partie de ce travail, le procédé que j'emploie pour mesurer le retard de l'étincelle d'induction. Il s'applique, sans modification, à la mesure du retard des enregistreurs. Sur le fond métallique du cylindre est incrusté un secteur isolant d'ébonite, occupant environ 20 degrés de la circonférence du cylindre. Le courant, avant de traverser l'enregistreur, passe par deux frotteurs métalliques, qui appuient constamment sur le fond du cylindre. En réglant convenablement la distance de ces frotteurs, on peut rendre aussi petite qu'on veut la durée de l'interruption du courant produit par le passage du secteur isolant. Pour faire une expérience de retard, on fait d'abord tourner le cylindre avec une vitesse extrêmement petite ; on obtient alors, au moment de l'interruption du courant, la

trace CC′, qui fait connaître la véritable position du cylindre au moment de l'interruption. De même, la trace EE′ fait connaître la position qui correspond au rétablissement du courant. Cela fait, on rompt le courant et l'on imprime au cylindre une vitesse uniforme qui, dans mes expériences, atteignait 4 mètres par seconde. A chaque tour du cylindre, le courant est interrompu en CC′ et refermé en EE′, et la composition du mouvement de la plume de l'enregistreur avec celui du cylindre donne pour résultante les tracés *d*D et *f*F. J'appelle ***retard total de désaimantation et d'aimantation*** les durées correspondant aux intervalles C′D et EF.

Si on laisse le cylindre accomplir plusieurs révolutions à une vitesse uniforme et si le retard est constant, les traces faites à chaque tour devront se superposer rigoureusement; c'est ce qui arrive en effet. J'ai obtenu jusqu'à 80 traces superposées et dont l'épaisseur totale n'était pas plus grande que celle d'une trace unique. Cela n'est vrai toutefois que pour le signal de désaimantation représenté en *d*D. Le retard d'aimantation est, en général, très-variable, de sorte qu'il est nécessaire d'employer exclusivement la rupture du courant quand on veut obtenir des signaux d'une précision absolue.

Je donnerai, dans un prochain article, la description d'autres enregistreurs, destinés à tracer des signaux sur des cylindres animés d'une très-grande vitesse, et je ferai connaître les résultats obtenus avec cet appareil quand on substitue les courants induits aux courants de la pile.

Avec le type représenté (*fig.* 1), le retard C′D peut être réduit à $\frac{1}{4000}$ de seconde et le retard EF à $\frac{1}{600}$ de seconde. On peut donc obtenir près de 600 signaux complets par seconde. Ces résultats sont obtenus avec un seul élément de Bunsen.

LE

TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE SANS CONDUCTEUR

ET LES ÉLECTRO-DIAPASONS.

On voit périodiquement apparaître dans la chronique des journaux des relations où il est question de télégraphie électrique sans conducteur. Tout récemment l'agitation s'est reproduite à propos d'une communication adressée par M. Bourbouze à l'Académie des sciences.

Avant de mentionner ce travail nous citerons, d'après M. du Moncel, quelques antériorités :

« Dès l'origine de l'installation des premières lignes télégraphiques en Angleterre et en Amérique, dit M. du Moncel, on obtint des résultats qui étonnèrent d'abord, mais qui furent promptement expliqués. On peut voir dans l'ouvrage de M. Vail sur la télégraphie électro-magnétique américaine publié en 1847, les expériences qui furent entreprises par M. Morse, en Amérique, et j'ai rapporté moi-même, dans les différentes éditions de mon *Traité des applications de l'électricité*, celles qui furent faites en Angleterre et en Allemagne, par MM. Kemp, Reich, Fox, Magrini, Bain, van Rees, Gintl et Lindsay.

« Dans l'origine, on avait pensé que le courant déterminé par deux lames métalliques plongées dans une rivière ou en terre n'était autre qu'une dérivation du grand courant électrique terrestre qui, d'après la théorie d'Ampère, devrait entourer le globe terrestre, du moment où on le considère comme un aimant ; de là le nom de cou-

rant tellurique qui lui fut donné. Mais on ne tarda pas à reconnaître que ce prétendu courant était aussi insaisissable que celui qu'on voudrait recueillir en joignant par un fil deux points différents d'un aimant persistant, et l'on put s'assurer qu'il n'était simplement que le résultat de ce que, sous l'influence d'oxydations d'inégale intensité déterminées sur les deux plaques, l'une d'elles se constituait négativement par rapport à l'autre; de sorte que ces deux plaques formaient, avec l'intermédiaire du liquide ou du sol, les deux électrodes polaires d'un couple voltaïque dont la résistance intérieure pouvait être considérée comme à peu près nulle, malgré l'éloignement des plaques, puisqu'elle était représentée par celle d'un milieu conducteur indéfini. J'ai longuement étudié ces différents courants dans plusieurs mémoires présentés à l'Académie en 1861 et 1872, et M. Becquerel les avait étudiés de son côté avec des lames inattaquables. Je ne reviendrai donc pas sur cette question, et je me contenterai de dire que ces effets ont été beaucoup plus étudiés qu'on ne le suppose en général, car on a pu fixer les lois d'accroissement ou de décroissement de l'intensité des courants ainsi déterminés, suivant les dimensions des plaques, laquelle intensité n'est pas proportionnelle à leur surface, mais varie comme les racines carrées de ces surfaces. »

D'un autre côté, voici l'expérience effectuée en 1858 par M. Bouchotte, et rappelée par lui :

« Sur la rive gauche du Rupt-de-Mad, petite rivière de notre ancien département de la Moselle, un fil aérien de 300 mètres de longueur fut mis en communication avec le sol par ses deux extrémités. Il était traversé par le courant de deux éléments Bunsen, pourvus d'un commutateur; un seul élément aurait suffi.

» Sur la rive droite, un autre fil de même longueur plongeait en terre par ses bouts ; un galvanomètre était placé dans ce circuit. Ces quatre points de contact avec le sol représentaient les sommets d'un rectangle de 300 mètres de base, sur environ 80 mètres de hauteur. Dès que le circuit de la pile était fermé, l'aiguille du galvanomètre était projetée avec force contre l'un de ses arrêts ; le sens de la déviation de l'aiguille aimantée dépendait de l'orientation du commutateur intervenant dans l'autre circuit. »

Voici maintenant la note communiquée à l'Académie, par M. Bourbouze :

« Lorsqu'on met les deux extrémités d'un fil d'un galvanomètre sensible en contact, l'une avec le tuyau qui amène le gaz dans les laboratoires, l'autre avec les conduites d'eau, on constate aisément l'existence de courants énergiques dans le circuit ainsi formé.

« On arrive à des résultats analogues en mettant l'une des extrémités du fil en communication avec un cours d'eau, l'autre avec un morceau de métal enfoncé en terre, ou bien encore l'une avec un puits et l'autre avec la terre.

« Si l'on introduit un nouvel électromoteur dans le système, si, par exemple, on met en terre l'un des pôles d'une pile et que l'on fasse communiquer l'autre pôle avec un cours d'eau, l'aiguille du galvanomètre indique par un changement de direction l'influence de la nouvelle source d'électricité. Pour rendre cette modification très-évidente, il est indispensable de compenser l'action tellurique primitive. On y parvient très-facilement de la manière suivante :

« On prend un galvanomètre sensible dans lequel on introduit le courant tellurique passant par le lieu de l'observation et on lance dans le même fil le courant d'un

petit élément à sulfate de cuivre. Ce dernier, dirigé en sens inverse du courant tellurique, permettra de ramener l'aiguille au zéro. A cet effet, on introduit sur le trajet du courant de la pile un compensateur, qui consiste en un tube en U, contenant une dissolution de sulfate de cuivre très-étendue, et dans chacune des branches de ce tube on plonge deux tiges de platine que l'on peut faire monter ou descendre à volonté à l'aide d'une crémaillère, de manière à régler la longueur des parties immergées. Une fois l'aiguille ramenée au zéro, il est facile de reconnaître que l'introduction d'une nouvelle source électromotrice dans le système tellurique est accusée sans difficulté.

« Au début des expériences entreprises pour établir la réalité des effets que je viens de décrire, le galvanomètre et son compensateur étaient installés près du pont d'Austerlitz. L'un des fils était à terre, l'autre communiquait avec un système de plaques de cuivre plongeant dans la Seine. Une pile à sulfate de cuivre de 600 éléments était placée au pont Napoléon, l'un des pôles étant relié à la terre, l'autre à la Seine. Toutes les fois qu'on fermait le courant, l'aiguille, primitivement ramenée au zéro, était déviée de 25 à 30 degrés, et le sens de la déviation dépendait de celui du courant de la pile. Nous avons obtenu les mêmes résultats au pont Saint-Michel, à Saint-Denis.

« On peut communiquer aussi en se servant des conduites d'eau et de gaz qui sillonnent le sol, au lieu des grands cours d'eau et de la terre. On règle alors le galvanomètre comme nous l'avons dit ci-dessus en parlant des cours d'eau.

« Dans les expériences que je fais actuellement entre l'École de pharmacie et mon domicile, pour montrer la fidélité avec laquelle les courants peuvent se transmettre

sans fil, je me sers d'une pile de 40 éléments montée à l'École de pharmacie. L'intensité est telle que l'on constate une déviation de 50 degrés des deux côtés de la position d'équilibre de l'aiguille du galvanomètre.

« D'autre part, en plongeant une lame de cuivre dans un puits et en reliant avec la terre le fil conducteur fixé à cette lame de manière à former un circuit, j'obtiens un courant si intense qu'il m'est possible, dans ces conditions, de décomposer l'eau, de charger des piles secondaires, et d'animer un petit électro-aimant dont l'action est assez forte pour déterminer et entretenir les oscillations d'un fléau.

« Pour démontrer que le courant marche de l'eau à la terre, on peut faire usage du galvanomètre vertical, dont on est obligé de diminuer la sensibilité en ne prenant que la moitié des fils; on peut aussi constater que le dépôt métallique se fait sur l'électrode reliée avec la terre, et que l'intensité augmente proportionnellement aux surfaces immergées.

« Il serait donc intéressant, au point de vue pratique, de rechercher si, pour de plus grandes surfaces, cette augmentation d'intensité n'atteindrait pas une limite, ou si l'on ne pourrait pas, au contraire, accroître l'énergie de ces courants de manière à en tirer parti pour l'industrie, notamment pour la galvanoplastie. Je puis dire que les courants ainsi recueillis me servent journellement pour le réglage des instruments qui n'exigent pas une source d'électricité aussi puissante que les piles ordinaires.

« En résumé, l'ensemble de ces expériences démontre que l'on peut communiquer télégraphiquement, sans fils, à des distances plus ou moins considérables : on peut substituer les courants telluriques à ceux des piles

généralement employées, pourvu que l'on fasse varier les surfaces immergées; enfin ces courants peuvent décomposer les dissolutions des sels métalliques. »

M. de Parville, qui a su faire la part des chimères débitées dans la presse sur la portée pratique des expériences, indique très-bien l'objection que le bon sens suggère : « Supposez, dit-il, que nous voulions tous parler par ce moyen d'un bout à l'autre d'une ville ; chacun possède son aiguille bavarde et sa pile. Chaque aiguille va marcher sans cesse à droite, à gauche, obéissant à la fois à tout le monde. Elle parlera pour tous les correspondants en même temps. Les dépêches s'enchevêtreront, s'embrouilleront. Ce sera une nouvelle tour de Babel. On ne pourra plus s'entendre. Le fil électrique de la télégraphie actuelle sert de trait d'union, au contraire, et ferme la porte aux indiscrétions.

« Ainsi, en résumé, oui, on peut communiquer à distance sans fils ; non, on ne peut remplacer par ce nouveau système la télégraphie électrique, puisque nous nous trouverions dans les conditions d'une foule parlant à la fois à tort et à travers, sans pouvoir se faire entendre.

« Il faudrait, pour que le nouveau système devînt applicable, trouver le moyen de donner à chaque courant comme une individualité propre qui permît au correspondant de le reconnaître parmi les milliers de courants qui pourraient circuler à la fois. Nous n'avons pas le droit de douter de l'avenir, et il nous est permis d'espérer que nous y parviendrons quelque jour. »

Ici nous reprenons la thèse précédente, et nous la continuerons par l'exposé d'un remarquable travail d'un ingénieur danois, M. Paul Lacour. Comment donner à

chaque courant une individualité propre qui permette de le reconnaître ?

Lorsqu'on pense aux phénomènes les plus communs de l'acoustique, par exemple la transmission d'un air joué par un orchestre, qui est perçu par l'auditoire à des distances assez éloignées des exécutants, on a de la peine à analyser cet effet. La physique nous dit que les sons produits par chaque instrument ont leur tonalité propre et leur mesure distincte ; en d'autres termes, les notes qui sortent d'un violon, d'une flûte, d'un trombonne, correspondent à des vibrations différentes transmises par l'atmosphère et caractéristiques pour chaque note. En outre, le rhythme dans la succession des notes, qui fait la mesure en musique, produit la cadence constituant avec la tonalité et le timbre des instruments l'ensemble de l'air qui nous affecte. La transmission est si précise qu'une oreille démêle, dans ce concours d'exécutants, une note intempestive, quelque chose qui détone au milieu de l'harmonie de l'air. Dans notre explication, c'est la note intempestive qui nous servira de jalon.

Supposez une série de trois diapasons vibrant d'une façon continue en produisant :

Le 1er :	100	vibrations	par seconde.
Le 2e :	300	*id.*	*id.*
Le 3e :	500	*id.*	*id.*

Il est aisé de se figurer que chacun de ces diapasons peut interrompre et établir un courant électrique avec des intermittences réglées par le nombre de ses vibrations. Si l'on a trois diapasons, identiques aux trois premiers, on pourra concevoir que chaque groupe soit placé à l'extrémité d'une ligne électrique servant de trait d'union. On verra se reproduire le phénomène de l'air de

musique transmis à distance : les trois diapasons du départ actionneront respectivement les trois diapasons de l'arrivée, par l'intermédiaire du conduit qui les relie.

Admettons maintenant que, par un effet de la volonté, on puisse tantôt mettre en marche, tantôt arrêter un quelconque de ces diapasons, en suivant une cadence qui ne coïncidera plus nécessairement avec son jeu régulier, nous retrouverons à l'autre extrémité dans le symétrique de l'instrument perturbé les mêmes manifestations discordantes. C'est la note intempestive qui se sera transmise aussi fidèlement que les vibrations harmoniques.

On comprend toute la portée d'une réalisation pratique de cette conception, c'est le chemin ouvert à la multiplication indéfinie des transmissions diverses par un même conducteur, c'est encore le germe d'une solution de la transmission par des conducteurs multiples, avec la faculté d'individualiser chaque courant.

Que faut-il pour remplir cette condition?

1° Il faut construire des diapasons dont le mouvement soit entretenu par un courant électrique : c'est un problème résolu;

2° Il faut que ces diapasons émettent des courants dont les phases correspondent exactement à leur mouvement : la solution est acquise aussi;

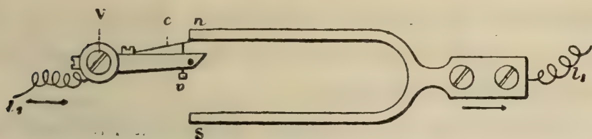
3° Enfin, il faut que l'on puisse, dans un intervalle de temps très-petit, par exemple une seconde, arrêter et mettre en marche un grand nombre de fois, cent au moins, chacun des diapasons. Ce dernier point est le seul qui présente de la difficulté. Nous croyons que cette difficulté est seulement un problème de construction; il faut opérer sur des masses assez petites pour vaincre facilement l'inertie.

Les succès obtenus dans cette voie par M. Marcel Deprez avec des enregistreurs électriques de la moindre dimension nous autorisent à penser qu'il n'est pas impossible de construire des diapasons assez petits pour que la troisième condition de notre programme se trouve réalisée.

Nous compléterons ces aperçus généraux par une explication figurée.

Nous n'indiquerons point comment on peut produire le mouvement continu d'un diapason au moyen d'un courant électrique. C'est une application simple de dispositifs télégraphiques usuels. M. Mercadier a publié à ce sujet plusieurs communications auxquelles nous renverrons les spécialistes.

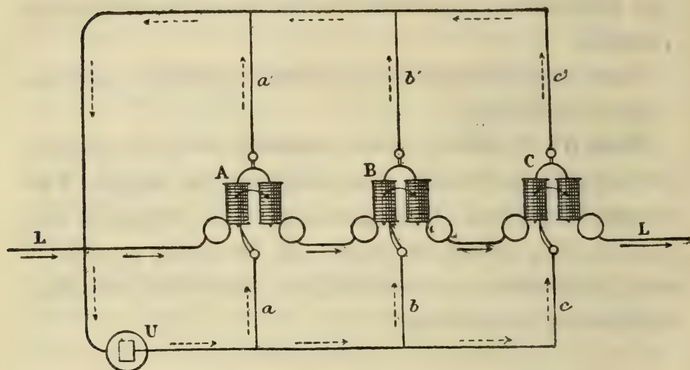
Fig. 1.



Nous dirons comment un diapason vibrant d'une façon continue peut envoyer des courants de même intermittence sur une ligne électrique. La branche *n* du diapason vient alternativement rencontrer la languette en platine *c* dont l'écartement est réglé par la vis *v*. Un courant, entrant par l^2, est fermé toutes les fois que l'extrémité *n* touche la lâme *c* et est ouvert au contraire lorsque la vibration du diapason éloigne l'extrémité *n*; il n'en faut pas davantage pour que, par le fil l^1, aboutissant au conducteur extérieur, la ligne, il se propage une série d'ondulations électriques calquées exactement sur les vibrations matérielles de la branche du diapason.

Nous avons maintenant à montrer comment on peut déterminer et signaler le caractère d'un courant intermittant arrivant par le fil télégraphique. La *fig*. 2 représente

Fig 2.



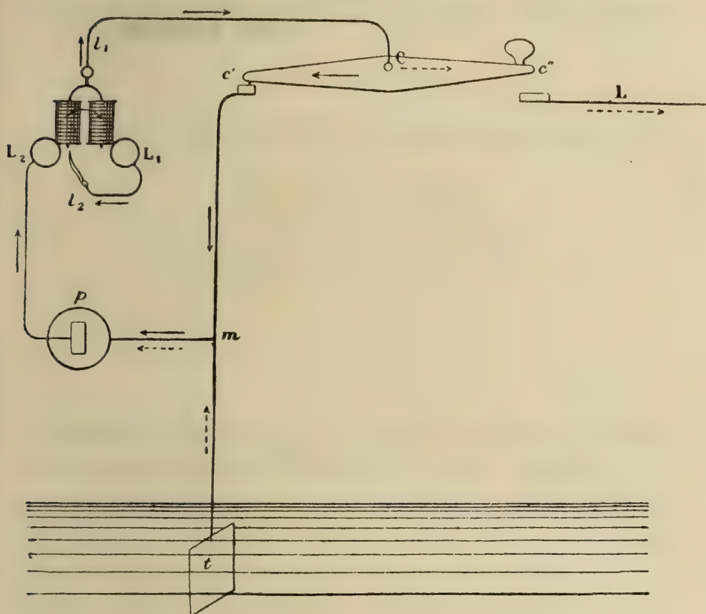
l'installation du poste intermédiaire traversé par la ligne LL; A, B, C sont les trois diapasons semblables à ceux du poste expéditeur.

Le diapason B, par exemple, qui est à l'unisson du courant, entrera en vibration tandis que les autres resteront muets. Ce diapason B ira donc toucher la lame de platine (indiquée *fig*. 1), et il s'établira dans le circuit *bb'* un courant local de la pile U dont les pôles sont appliquées respectivement à *a*, *b*, *c* et à a^1, b^1, c^1. Ce courant local sera pareillement intermittent suivant la mesure du diapason; mais, à raison de la vitesse des pulsations, il se manifestera dans plusieurs cas comme un courant constant, soit en opérant une décomposition chimique, soit en déviant une aiguille aimantée, soit en actionnant un électro-aimant, ce qui sont les trois formes des récepteurs télégraphiques connus.

Nous terminerons cette description par l'indication

des organes qui servent à produire les interruptions pour la correspondance au milieu des vibrations ordonnées du diapason. La *fig.* 3 a été établie dans ce but.

Fig. 3.



Le manipulateur C, qui peut osciller autour d'un axe central, vient s'appuyer tantôt sur c' ou sur c''. Suivant que le levier C s'appuie sur c' ou snr c'', il ferme le circuit du courant intermittent émis par le diapason, soit par la terre du poste de départ, soit par la terre du poste d'ar rivée en traversant le fil de la ligne.

On n'aperçoit donc comme objection à la réalisation pratique du système de la multiplication des correspondances suivant une ou plusieurs directions, que la facilité plu s ou moins grande avec laquelle un diapason pourra

s'arrêter et se remettre en marche ; c'est là une question de masse, et des doigts déliés nous feront certes quelque jour des appareils assez petits pour réaliser ce desideratum.

Ch. Bontemps.

NOTE

SUR LES

DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'HORLOGES ÉLECTRIQUES

ET SUR

LA MÉTHODE DE RÉGULARISATION DES HORLOGES

PAR L'ÉLECTRICITÉ

INVENTÉS PAR FROMENT

Parmi les applications de l'électricité dont la réalisation paraît actuellement appelée à rendre les plus grands services, se présente en première ligne la transmission de l'heure à distance ou la régularisation d'horloges quelconques astreintes à suivre la marche d'une horloge-type : ces problèmes ont été résolus de diverses manières par Froment, jusqu'à l'époque où, chargé de donner l'heure à la mairie du VIe arrondissement, il expérimenta avec succès une méthode déjà employée chez lui depuis plusieurs années : les essais publics ont été interrompus en 1864 par la longue maladie à laquelle il succomba l'année suivante.

Avant d'exposer cette méthode, je crois nécessaire d'indiquer sommairement les différents essais tentés par Froment.

La première application qui ait été faite en France de l'électricité à la transmission de l'heure, a été réalisée

par lui en 1846 (*), entre l'étage d'une maison qu'occupait sa famille rue du Bouloi, et une autre maison située rue de Grenelle-Saint-Honoré où se trouvaient ses ateliers. Il avait adapté au pendule d'une horloge bien réglée un ressort qui donnait un contact, et envoyait un courant toutes les secondes dans les électro-aimants de plusieurs récepteurs ou cadrans électriques; chacune de leurs armatures agissait sur une roue à rochet calée sur l'axe de l'aiguille des secondes et faisant marcher une minuterie ordinaire.

Dans ces récepteurs, le mouvement de l'armature, qui doit être assez limité, était amplifié au moyen d'un polygone funiculaire commandant le levier qui portait le cliquet, et ce levier était muni d'un talon qui empêchait la roue à rochet d'avancer de plus d'une dent; en outre, un ressort très-faible assurait celle-ci dans sa position.

Ces cadrans étaient enfin pourvus d'organes pour la remise à l'heure.

Dans ce système, l'électricité étant motrice, il était indispensable d'avoir un courant assez constant pour solliciter avec la même force l'armature écartée de son électro-aimant par un ressort antagoniste d'une force déterminée; en conséquence, l'entretien des piles devait se faire avec grand soin.

Quelques années plus tard, Froment se servit, comme récepteur, d'un mouvement ordinaire d'horloge dont il supprima le balancier et auquel il adapta un très-petit électro-aimant dont l'armature était fixée sur l'axe portant l'ancre; un courant envoyé par l'horloge-type y passait chaque seconde, et l'armature laissait fonctionner l'échappement à chacune de ses oscillations; l'électricité

(*) Ainsi qu'il résulte de notes manuscrites laissées par Froment.

n'était plus employée que pour opérer un déclanchement, le courant nécessaire était beaucoup moins fort, et ses variations pouvaient être plus considérables sans nuire à la marche de l'horloge.

Dans ce même mouvement, le timbre de la sonnerie était supprimé, et le marteau donnait en temps opportun un ou plusieurs contacts qui envoyaient des courants dans les sonnettes électriques : celles-ci comprenaient un électro-aimant dont l'armature terminée par un marteau faisait résonner un timbre convenablement placé, et l'heure était ainsi répétée à distance.

Cet ensemble est employé, depuis cette époque, à donner et à faire sonner l'heure dans les bureaux et les ateliers de l'établissement Froment.

En 1853, Froment voulut supprimer l'horloge-type et la remplacer par un pendule dont le mouvement fût entretenu par l'électricité ; il y parvint en effet en employant un pendule battant la demie-seconde, qui, à chaque double oscillation, recevait une nouvelle impulsion par la chute d'un poids constant ; celui-ci, placé à l'extrémité d'une mince lame de laiton, était soulevé chaque fois de la même quantité par le mouvement d'un levier dépendant de l'armature d'un électro-aimant ; au moment où le pendule achevait une oscillation, une vis fixée sur la tige près du point de suspension venait toucher la partie inférieure du poids et un courant passait dans l'électro-aimant ; aussitôt l'armature était attirée et permettait au poids de tomber, puis le courant étant interrompu par suite de l'oscillation du pendule en sens inverse, l'armature s'éloignait sous l'influence d'un ressort antagoniste, et le poids était remonté à sa position primitive.

C'est au moyen de ce pendule que Froment fit marcher un grand cadran de 2 mètres de diamètre, qui a figuré à

l'Exposition de 1855 ; dans ce cadran, l'aiguille des secondes avait 1 mètre de longueur ; son axe traversait un barillet contenant un ressort dont une des extrémités y était attachée ; le courant, envoyé chaque seconde par le pendule, agissait, par l'intermédiaire d'un électro-aimant et de son armature, de façon à remonter d'une certaine quantité le ressort qui, en se détendant, faisait mouvoir l'aiguille des secondes, et par suite, la minuterie ; la détente de ce ressort était régularisée par un volant à ailettes, et le mouvement de l'aiguille pouvait ainsi être rendu à peu près uniforme.

Le même pendule a servi depuis à envoyer le courant nécessaire à tous les récepteurs qui sont en usage dans son établissement, et Froment y ajouta bientôt un organe qui lui faisait battre la seconde en même temps que l'horloge astronomique qu'il possédait ; il termina la tige de ce pendule par un barreau de fer doux et plaça, dans la verticale et au-dessous à distance convenable, un électro-aimant dans lequel l'horloge envoyait toutes les minutes un courant d'une très-courte durée ; après un certain nombre d'oscillations, il arrivait un moment où le pendule passait au-dessous de l'électro-aimant en même temps que le courant envoyé ; mais au bout d'une minute ce pendule était nécessairement en avance ou en retard sur celui de l'horloge d'une fraction de seconde ; à ce moment même, un courant passait de nouveau dans l'électro-aimant, l'armature placée au bout de la tige du pendule était alors attirée et sa position corrigée ; il en était de même à chaque minute, en sorte que les erreurs ne pouvaient s'ajouter et que le pendule électrique était astreint à battre la seconde en même temps que l'horloge astronomique. Quant au mécanisme ajouté à celle-ci pour lui faire envoyer un courant chaque minute, il se

composait d'un levier équilibré dont un bout pouvait être soulevé par une goupille plantée sur la roue d'échappement; à un certain moment, il basculait et laissait déclancher l'échappement d'un petit rouage auxiliaire mû par un ressort; son dernier mobile pouvait ainsi faire un tour et produire un contact d'une durée de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$ de seconde.

Lorsqu'en 1864 Froment fut chargé de donner l'heure à plusieurs horloges de son quartier, celles de la mairie du VIe arrondissement, de Saint-Jacques du Haut-Pas et de Saint-Germain des Prés, abandonnant l'idée d'employer l'électricité comme moteur d'un cadran, il préféra régulariser à distance la marche des horloges déjà existantes et employer la méthode que je viens d'exposer, et qui lui réussissait si bien chez lui; après plusieurs essais sur la force des électro-aimants, il en plaça un d'une forme déterminée au-dessous de la tige d'un pendule qui réglait l'horloge de la mairie de Saint-Sulpice; il adapta à l'extrémité de cette tige un barreau de fer doux, et au moyen d'une ligne télégraphique qui relia la mairie à son établissement, put faire envoyer chaque minute, par son horloge-type, un courant qui forçait l'horloge de la mairie à marcher comme elle-même.

La maladie seule de Froment, et sa mort, ont interrompu l'emploi de cette méthode qui a été en service pendant six mois; et maintenant qu'il est de nouveau question de régler par l'électricité la marche des horloges publiques de Paris, je crois devoir à sa mémoire d'attirer l'attention de la Commission spéciale sur ses travaux, et surtout sur son mode de régularisation à distance que je viens d'exposer; en conséquence, j'ai l'honneur de demander à expérimenter de nouveau cette

méthode, qui a fait ses preuves, et qui paraît répondre complétement aux conditions de durée et de simplicité que le programme peut exiger.

P. Dumoulin Froment.

NOTE

SUR UN APPAREIL DE M. MELSENS

DIT

RHÉ-ÉLECTROMÈTRE

PAR M. HERVÉ MANGON,

Membre de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (*).

M. le professeur Melsens, de Bruxelles, a fait récemment construire un modèle de rhé-électromètre, sur le principe de l'instrument du même nom proposé par Marianini (**).

L'appareil se compose d'une petite boussole, plus ou moins sensible, sous le cadran de laquelle est placée une hélice de fil métallique bien isolé et enroulé sur un petit cylindre creux d'ébonite; l'axe de cette hélice est perpendiculaire à la direction du méridien magnétique indiqué par l'aiguille. L'une des extrémités du fil de l'hélice communique avec un fil de ligne télégraphique, l'autre extrémité communique avec le fil de terre. Un fil d'acier ordinaire bien recuit et ne présentant aucune polarité magnétique est placé à l'intérieur de l'hélice. Aussi longtemps que le fil de l'hélice n'est traversé par aucun courant, le fil d'acier reste sans action sur l'aiguille de la boussole, et celle-ci se maintient au 0° de la division du cadran; mais aussitôt que l'hélice reçoit un courant, elle

(*) Communication faite dans la séance du 10 décembre 1875.

(**) Voir *Annales*, t. II, p. 310.

transforme le fil en un aimant qui dévie l'aiguille de la boussole vers l'est ou vers l'ouest, suivant le sens de ce courant. L'aiguille reste déviée par l'action des pôles du fil d'acier ; elle conserve ainsi la trace du phénomène électrique si fugitif qui a pu l'atteindre.

En observant de temps en temps le rhé-électromètre, on connaît, par le sens et l'amplitude de la déviation de l'aiguille, si l'appareil a été traversé par un courant, le sens de ce courant et, jusqu'à un certain point, son intensité. Il suffit d'enlever le fil qui a été aimanté et de le remplacer par un nouveau fil recuit pour ramener l'aiguille de la boussole au 0° et pour remettre l'instrument en état de servir à de nouvelles observations. Le modèle de rhé-électromètre de M. Melsens est d'une construction très-simple et peut-être établi à fort bas prix, ce qui permet d'en multiplier les applications (*).

« Aujourd'hui (dit M. Melsens dans une Note insérée au tome XXXVIII du *Bulletin de l'Académie des sciences* de Belgique) que les réseaux télégraphiques s'étendent sur toute l'Europe savante, communiquent avec beaucoup d'observatoires et rayonnent, on peut le dire, sur le monde entier, il me semblerait qu'un vaste système d'observations établi, au moyen du rhé-électromètre de Marianini, dans tous les postes télégraphiques, serait de nature à nous éclairer sur des points importants se rattachant à tous les phénomènes électriques qui se passent au-dessus de nos têtes, dans les nuages, dans nos édifices et, sous nos pieds, dans le sol. »

La direction des télégraphes de Belgique a compris l'intérêt scientifique et pratique des études proposées par M. Melsens ; elle a fait placer quelques-uns de ses

(*) M. Devos, mécanicien belge des télégraphes de l'État, peut livrer ces appareils pour 10 fr. sur une commande d'une centaine.

appareils dans les bureaux télégraphiques et a fait connaître à ses agents, par une instruction spéciale en date du 31 mai 1875, l'interêt, pour la météorologie, de l'observation des rhé-électromètres intercalés sur les fils de terre des stations, instruments qui ont « pour objet, aux termes de l'instruction, d'indiquer, particulièrement en temps d'orage, si une décharge atmosphérique a traversé les fils qui arrivent au bureau. » Les résultats des observations sont transmis sans retard à l'Administration centrale, qui pourra suivre ainsi la marche des manifestations électriques dans l'air et dans le sol, et peut-être découvrir la loi qui régit ces phénomènes encore si peu connus.

Quelques résultats isolés offrent déjà de l'intérêt.

M. Melsens m'écrit, en effet, à la date du 5 décembre 1875 : « Je n'ai pas encore la connaissance *officielle* des observations faites dans différents bureaux ; mais je puis vous assurer qu'à chaque orage, l'appareil enregistre, parfois, une série nombreuse de courants instantanés, et que l'on constate l'état positif et négatif des fils de la ligne ou de la terre. J'ai vu, dans une observation faite à Bruges, entre 3 heures 45 minutes et 7 heures 55 minutes du soir, sans que l'on change le fer, l'aiguille passer dix ou douze fois de l'est à l'ouest, ce qui suppose des décharges assez violentes pour renverser les pôles du fil. »

Les faits cités par M. Melsens et les explications données dans son mémoire ne peuvent laisser de doute sur l'intérêt du système d'observations qu'il propose, soit pour les progrès de la météorologie, soit pour le perfectionnement du système télégraphique en temps d'orage. Je demande donc à la Société de remercier M. Melsens de son intéressante communication.

LE

JACQUARD ÉLECTRIQUE DE WHEATSTONE (*).

Texte et figures extraits des *Systèmes télégraphiques aériens, électriques, pneumatiques*, par M. Ch. Bontemps, s.-inspecteur des lignes télégraphiques, chez Dunod, Paris, 1876.

L'introduction du métier Jacquard a produit une révolution considérable dans l'industrie du tissage. On sait que, dans ce système, les divers fils qui doivent concourir à former le dessin de l'étoffe se rangent automatiquement entre les mailles de la trame. Une combinaison mécanique simultanée avec le mouvement de la navette, remplace le travail manuel, pénible et compliqué des anciens tisserands. Une bande continue de *cartes* passe successivement sur le registre du métier et se présente à chaque coup de navette. Les cartes sont perforées de façon que les trous représentent une partie complète de l'échantillon, et que chaque trou contrôle l'élévation de l'un ou plusieurs des fils dans la chaîne. Des aiguilles abaissées au passage des trous distribuent les fils par groupes dans l'ordre voulu par le dessin ; la navette passe au-dessous, et la carte suivant le registre reproduit automatiquement le modèle préparé. C'est le principe du métier Jacquard que sir Ch. Wheatstone a

(*) L'auteur s'est attaché surtout à montrer l'analogie qui existe entre le principe du télégraphe automatique de Wheatstone et celui du métier Jacquard. Notre prochaine livraison sera consacrée à une description complète de l'appareil Wheatstone.

employé pour *tisser* les courants électriques expédiés sur une ligne, et reproduire sur le papier à la station correspondante le modèle électrique.

Le métier Jacquard tisse rapidement, parce que le travail mécanique occasionné par la préparation du modèle s'effectue avant qu'on place celui-ci sur le métier. Il en est de même pour l'*imprimeur automatique* ou *Jacquard électrique;* la vitesse de transmission est considérable.

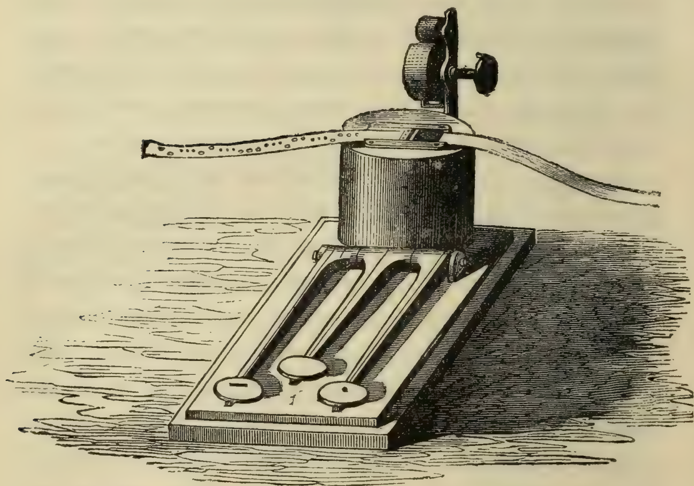
Les cartes employées sur le métier électrique pour régler la succession des courants et des groupes de signaux sont préparées avant d'être placées sur l'instrument, de sorte que le temps employé à transmettre un nombre quelconque de courants et groupes de courants pour représenter des lettres et des mots, est réduit au minimum. Pour des transmissions électriques cela est important, le prix du travail manuel par minute étant faible, comparé à la valeur d'une minute dans l'utilisation d'un fil télégraphique d'un développement considérable, et dont la construction a coûté une somme élevée.

Obtenir le maximum de travail sur un fil en un temps donné est l'un des problèmes de la télégraphie mécanique ; le succès commercial de ces entreprises dépend principalement de la vitesse avec laquelle les courants électriques peuvent être envoyés sur un fil d'une longueur donnée. Cette vitesse est réglée par la rapidité avec laquelle les courants peuvent s'émettre sur le fil sans confusion, c'est-à-dire sans se mêler en traversant le conducteur, de façon à ne pas produire ainsi à l'extrémité éloignée un trait absolument continu. Pour cela les courants doivent traverser le fil à des intervalles égaux, et avoir une égale durée. C'est ce que le Jacquard électrique Wheatstone réalise parfaitement ; nous allons expliquer maintenant comment le modèle électrique est tissé.

L'appareil se compose de trois parties distinctes, l'une servant à la préparation de la carte du métier électrique, pour régler la succession et la série des courants de l'écriture électrique; l'autre, le métier qui fera passer dans la ligne les courants ainsi groupés; la troisième remplit la fonction de la navette, c'est-à-dire de l'organe qui enregistre les courants émis sur la ligne et les transforme en symboles représentant des lettres, des mots et des phrases.

Le message à envoyer est d'abord poinçonné, arrangé en *points* et *traits* de l'alphabet Morse, sur un ruban de papier continu, au moyen d'un instrument appelé *perforateur* que l'on voit (*fig.* 1) sous une forme élémentaire.

Fig. 1.



Chacune des trois touches perfore, lorsqu'elle est abaissée, un petit trou rond dans le ruban de papier; la touche de droite est pour les points, celle de gauche pour les traits, celle du milieu sert à l'espacement mécanique des trous,

indispensable au mouvement régulier du ruban sur le métier ou *transmetteur*.

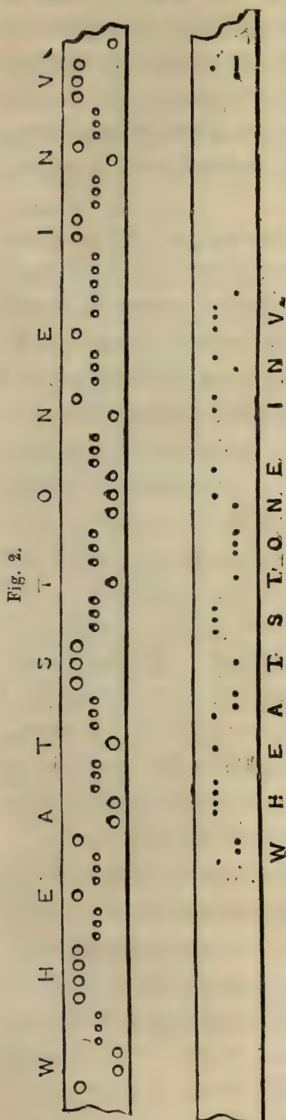


Fig. 2.

La machine à perforer est construite de façon que par l'abaissement d'une clef une triple action est accomplie, savoir : le ruban de papier est fixé dans la machine pour recevoir la perforation, puis le trou est formé par la dépression sur le papier d'une pointe en acier ; enfin un mouvement mécanique, qui d'abord a maintenu le papier dans la direction suivant laquelle entre le ruban, le fait avancer après la formation automatique du trou et le place à la distance voulue pour la formation du trou suivant.

C'est ainsi que la pression successive des poinçons produit sur le papier-bande les séries de perforations nécessaires pour représenter des lettres et des groupes de lettres constituant des mots. Le poinçon du milieu, outre qu'il espace mécaniquement les perforations pour assurer leur passage régulier dans le *transmetteur*, sert par sa pression propre à distancer convenablement les lettres et les mots des dépêches. La *fig.* 2

fait voir, dans les dimensions naturelles, l'aspect du papier préparé. La dépêche est donc écrite et composée sans qu'on utilise le fil ; le temps que prend cette préparation n'est pas enlevé à la transmission, on réalise ainsi un avantage d'économie notable sur les systèmes fonctionnant par un mode de travail manuel lent, traînard, occupant inutilement le circuit.

La seconde partie, ou le *transmetteur* du système Wheatstone, est l'appareil qui envoie sur le fil automatiquement les courants dans la succession préparée par le *perforateur*. Dans ce fonctionnement, qui a beaucoup de ressemblance avec la manière dont les cartes Jacquard régularisent l'élévation et l'abaissement successifs de la chaîne sur le métier, le ruban de papier perforé avance pas à pas à travers la machine. Il est arrêté à chaque oscillation d'un petit balancier, dont le mouvement est réglé de façon à ne laisser avancer le papier que d'une portée correspondant exactement à l'espacement des perforations. Le relèvement d'une pointe, qu'élève et abaisse alternativement le va-et-vient du mécanisme oscillatoire, fait avancer automatiquement le papier à dépêches. Deux autres pointes de contacts à ressorts, représentant respectivement le pôle positif (cuivre) et négatif (zinc) d'une pile, sont actionnées par le même mécanisme, au moyen de cames excentriques.

Ainsi, lorsque le ruban de papier avance pas à pas et automatiquement dans une succession rapide, sous l'action d'une pointe centrale, si une perforation à *passage de courant* se trouve en position au moment où le ruban de papier est au-dessus d'une pointe, cette perforation est effectuée par la pointe convenable ; un contact métallique est établi entre la pile et l'instrument, et donne sur la ligne un courant positif ou négatif, d'après la position de

la perforation et l'élévation de la pointe correspondante.

Si aucune perforation dans le papier-bande n'est en position au moment de l'élévation automatique des pointes respectives, celles-ci retombent par l'influence compensatrice des ressorts de réglage et un mouvement *muet* est effectué, qui ne laisse passer de la pile aucun courant dans le circuit.

On conçoit donc que l'action du *transmetteur* est aussi triple, quant au passage du courant et au mouvement du papier. D'abord chaque oscillation du balancier entraîne le papier-bande de la distance exacte dont l'abaissement de la clef dans le perforateur avance la bande à dépêches; ensuite lorsque le papier-bande a été ainsi avancé, il est momentanément maintenu pour recevoir l'introduction de la pointe convenable et compléter le contact de pile, suivant la place de la perforation. Enfin, si aucune perforation correspondant à un passage de courant sur la ligne ne se trouve en position, un mouvement *muet* de pointe a lieu, et le papier est simplement avancé automatiquement d'un mouvement régulièrement saccadé.

Outre le mécanisme des trois cames excentriques servant à la marche du ruban, à l'élévation des pointes, et au passage d'un courant en circuit par suite du concours d'une perforation dans le papier-bande avec l'élévation d'une pointe, un quatrième mouvement de contact électrique fort important est effectué à chaque oscillation du petit levier. Ce mouvement est indépendant de l'élévation des pointes; il établit un contact momentané entre la ligne et la terre après chaque élévation successive de l'une ou de l'autre pointe à passage de courant.

La nécessité de cette décharge à la terre pour rendre la ligne libre a pour cause le résidu dans le fil isolé

d'une portion du courant émis; s'il n'était éliminé, il affaiblirait le courant subséquent qui peut être de nom contraire et diminuerait la propriété de transmission rapide de la ligne.

Grâce à un ingénieux arrangement des contacts électriques perfectionné par M. A. Stroh, à la grande habileté duquel, pour tout ce qui concerne les problèmes électriques ayant un caractère mécanique, M. Wheatstone doit la perfection absolue du mécanisme de sa télégraphie automatique, après chaque élévation successive des pointes le fil du circuit est relié momentanément à la terre. Cette relation a lieu à chaque oscillation du petit levier, soit qu'une pointe traverse ou ne traverse pas une perforation. Un courant ne passant dans la ligne que par l'établissement d'un contact avec la pile, dans l'élévation de l'une ou l'autre pointe, la ligne est cependant établie *en décharge*, par l'élévation d'une pointe à des intervalles égaux et réguliers.

Dans cet arrangement mécanique, les contacts nécessaires avec la pile et la décharge régulière de la ligne sont obtenus sans que l'on ait recours au travail manuel. Les erreurs sont évitées, car les machines n'oublient jamais leur enregistrement, elles ne se trompent point de marques : deux sources d'erreur inhérentes au cerveau et à la main de l'homme.

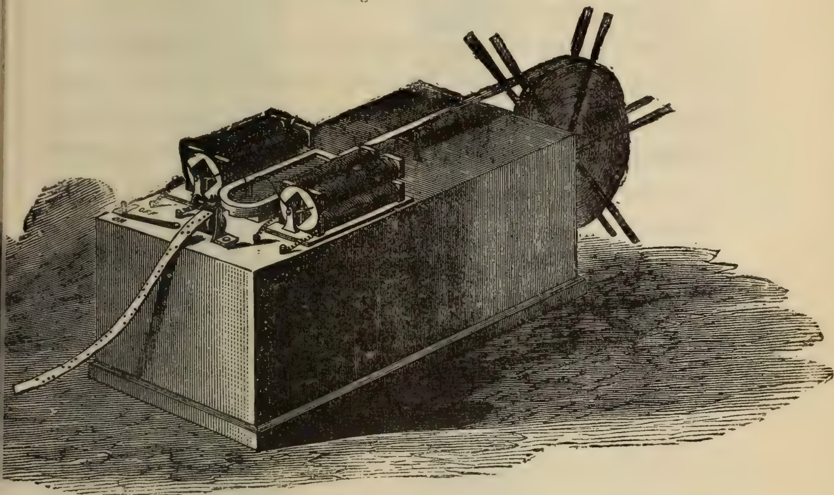
Nous continuons la description du Jacquard électrique :

La succession rapide des courants envoyés sur le fil de la ligne par le *transmetteur* est enregistrée automatiquement à la station correspondante au moyen d'un appareil appelé *récepteur* ou *imprimeur* qui marque, les uns après les autres, sur un ruban continu de papier, et avec la rapidité suivant laquelle les courants se succèdent

sur la ligne, les *points* et les *traits* du vocabulaire alphabétique Morse, lesquels correspondent aux trous du ruban perforé Jacquard.

La disposition de cet instrument est indiquée dans la *fig.* 3. Le vocabulaire des *points* et des *traits* est repré-

Fig. 3.



senté sur un papier-bande, à droite et à gauche d'une ligne centrale, par des points, *fig.* 2; la ligne inférieure de points est *lue* pour les *traits* et la ligne supérieure pour les *points*. Le papier-bande, par une propulsion mécanique, traverse la machine d'un mouvement continu et s'engage sous un plateau contenant de l'encre ou un autre liquide coloré. Deux petites perforations sont pratiquées dans le fond de ce réservoir, à l'endroit où elles correspondent avec les points à imprimer sur le ruban, à mesure que celui-ci passe au-dessous du réservoir; l'attraction capillaire empêche l'encre de couler. Deux électro-aimants, des deux côtés de l'encrier, commandent deux

aiguilles ajustées de façon à être abaissées par l'action du courant. Plongeant dans l'encrier. elles passent dans les trous et apportent un petit point d'encre sur le papier-bande; suivant que telle ou telle aiguille est abaissée, elle forme un *point* ou un *trait*, sans frottement, sans résistance mécanique autre que celle de l'encre contenue dans les tubes capillaires.

Les circuits électro-magnétiques sont arrangés de façon que seules les aiguilles correspondantes soient actionnées par les courants venus des pôles positif ou négatif de la pile. L'impression des points est marquée sur la *fig.* 2, au-dessous de la bande perforée qui a servi de modèle.

Dans une autre forme de l'imprimeur, le vocabulaire Morse est imprimé en lettres formées de *points* ou de *traits;* les groupes et successions de groupes forment des lettres et des mots qui correspondent exactement aux perforations de points et de traits du ruban Jacquard. Les *fig.* 4 et 5 donnent la composition de la dépêche sur le papier perforé et l'impression automatique d'après ce système. Ici encore on se sert de l'attraction capillaire, mais d'une manière différente : un petit disque à encre (molette en métal) sur un axe délicatement pondéré, capable d'une légère oscillation angulaire dans le sens latéral, obéit à un mouvement de va-et-vient de l'armature d'un aimant permanent et est actionné par les courants alternatifs inverses qui, du *transmetteur* passent dans la ligne. Une rotation rapide est donnée à la molette par la propulsion mécanique du papier-bande.

Le disque repose contre la surface du ruban de papier, de façon que, en recevant un mouvement dans un sens opposé, il se relève, tandis que dans la position neutre il est affranchi de tout contact. La rencontre avec le

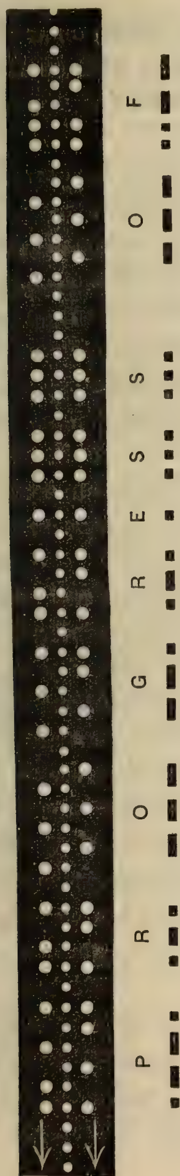


Fig. 4.

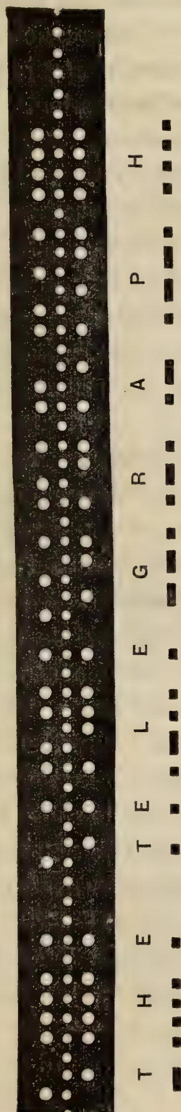


Fig. 5.

papier produira des marques, points ou traits, selon que la durée de l'impression aura été plus ou moins longue; le mouvement contraire produira l'espacement entre les marques d'impression.

Si les courants venus du ruban Jacquard ont des intervalles égaux et des directions alternatives, les espacements entre les signaux seront automatiquement réguliers. Le trait est l'effet de la rétention magnétique de l'armature qui agit sur la molette durant un temps double de celui du point, en raison du groupement des perforations qui forment le trait et qui donnent au courant traversant le circuit une durée plus longue sans le renverser.

La disposition qui fournit l'encre au petit disque imprimeur est simple et efficace. Une roue métallique a sur son arête une entaille en forme de V, elle est maintenue en rotation au-dessus d'un encrier. L'attraction capillaire remplit d'encre cette gorge d'une manière constante, de sorte que la périphérie de la molette qui tourne dans l'entaille est constamment et sans frottement imbibée d'une manière convenable. La molette peut ainsi enregistrer toujours les mouvements de l'armature, à mesure que les courants passent du transmetteur dans le fil.

C'est par ces moyens si simples que M. Wheatstone a obtenu un transmetteur rapide, enregistreur sûr, donnant des transmissions par impression aux principaux centres commerciaux de l'Angleterre, et appliqué en France sur la ligne de Paris à Marseille.

Si l'on veut se faire une idée de la valeur du système automatique rapide sur des lignes télégraphiques d'un développement considérable, il suffit de comparer, dans les mêmes conditions, l'appareil Morse avec le Jacquard électrique.

Pour utiliser un appareil alliant une telle célérité de transmission à d'aussi puissants moyens d'enregistrement, il devient nécessaire d'adopter un système spécial de transmission et de réception afin d'économiser le travail manuel et tirer du fil le maximum de rendement. Les dépêches passent donc en groupes à la machine qui doit les transmettre par le fil, ce qui veut dire que pour un circuit d'une longueur de 500 kilomètres, 12 dépêches de 30 mots sont poinçonnées sur un ruban continu et envoyées par le transmetteur à la fois, et *vice versa*. Le fil de Londres à Birmingham, par exemple, peut envoyer quatre groupes distincts de 12 dépêches chacun, et recevoir trois groupes semblables dans une heure. Cela équivaut à 80 dépêches de 30 mots chacune; sur une moyenne de 5 lettres par mot; cela forme un total de 12.000 lettres, et 200 lettres à la minute.

Une semblable rapidité peut se maintenir par un beau temps ordinaire et n'exige qu'un personnel de cinq employés aux stations de réception et de transmission, à savoir : deux pour poinçonner les dépêches sur le papier-bande, deux pour écrire et transmettre, et un cinquième pour manier l'appareil, accuser les réceptions, demander les répétitions, etc. S'il s'agit de dépêches parlementaires ou de journaux, on obtient une rapidité beaucoup plus grande, d'abord parce qu'il n'y a plus nécessité de grouper les dépêches, et ensuite parce que généralement les transmissions n'ont lieu que dans un seul sens, que les dépêches soient reçues ou expédiées, circonstances qui réduisent considérablement le délai initial de la transmission.

CHRONIQUE

Télégraphie sous-marine.

Câbles atlantiques. — Tous les câbles de Terre-Neuve au cap Breton appartenant à la compagnie anglo-américaine, dont l'interruption avait eu lieu le 4 mars, ont été rétablis le 9 du même mois.

Le steamer *Hibernia* est arrivé à Brest le 20 juin pour procéder à la réparation du câble de Brest à Saint-Pierre-Miquelon, dit *câble transatlantique* de 1869, interrompu depuis le 26 avril. La communication a été rétablie le 26 juin.

*Câbles de la compagnie de l'*Eastern Extension. — La compagnie *Eastern Extension* a expédié le steamer *l'Agnès* pour la réparation de la section du câble Madras-Penang, et le steamer *Edinburgh* pour celle de Java à l'Australie.

(*Journal télégraphique international.*)

Câbles de côte du littoral de la France. — L'aviso à vapeur de l'administration des télégraphes l'*Ampère* a réparé, dans le courant du mois de juin, les câbles reliant les îles de Belle-Ile et Houat, et les communications des îles Chausey, Penfret et Groix avec le continent. L'*Ampère* est rentré ensuite à Rochefort.

Amérique du Sud. — Le *Dacia* a quitté la Tamise le 16 juin, se rendant dans l'Amérique du Sud pour immerger un câble entre Valparaiso, la Sereno et Caldera, et compléter ainsi le réseau sous-marin de la côte occidentale de l'Amérique du Sud.

Nouvelles.

Câbles en caoutchouc. — M. Bruce Warren vient de prendre un brevet pour un nouveau procédé d'isolement des fils au moyen du caoutchouc. Trois fragments du fil ainsi isolé, fabriqués en 1871, ont été transportés au Brésil, aux Antilles, et sont restés plusieurs années exposés aux chaleurs de la zone tropicale. A leur retour, en novembre 1875, ils ont été immergés dans l'eau pendant quelques semaines, et, après cette épreuve, ils avaient conservé l'apparence et les qualités du fil neuf.

(*Journal télégraphique international.*)

Pile au charbon et au carbonate de potasse. — M. John J. Blair a imaginé une nouvelle pile avec zinc et charbon. Une tige de zinc enveloppée de canevas plonge dans un vase d'étain. L'espace entre la tige et les parois du vase est comblé avec du charbon provenant d'un bois dur. Chaque élément est rempli d'une solution saturée de carbonate de potasse dans de l'eau chaude. Le zinc de chaque élément communique avec le vase d'étain de l'élément suivant qui repose dans une soucoupe isolante.

(*Scientific American.*)

Amalgamation du zinc. — Suivant le professeur Guthrie, l'usure du zinc du commerce employé dans les piles ne serait pas causé par les impuretés du métal, mais par les différences de dureté de ses diverses parties. En amalgamant ces zincs, on supprimerait ces différences dans la dureté du métal, car le mercure pénétrant à l'intérieur du zinc le rendrait plus tendre, mais il serait impuissant à en faire disparaître les impuretés.

(*Journal télégraphique international.*)

Héliographe de Mance. — Plusieurs journaux scientifiques annoncent que M. Henri C. Mance a imaginé un héliographe avec manipulation du système Morse. Cet appareil semble présenter la plus grande analogie avec l'héliographe de feu

Lesseure décrit dans les *Annales télégraphiques*, numéros d'octobre-novembre 1855, et septembre-octobre 1864, p. 588.

Le cuivre du Japon. — Un rapport de M. Plunkett, secrétaire de la légation japonaise, apprend que parmi les ressources minérales du Japon, le cuivre est celle que les Européens apprécieront le plus. Il est d'excellente qualité et exempt à un degré remarquable d'arsenic et d'antimoine, c'est-à-dire des deux métaux étrangers qui affectent le plus le pouvoir conducteur électrique du cuivre.

(*Telegraphic Journal.*)

La rouille. — On croit généralement que la rouille dépend surtout de l'action de l'oxygène et de l'humidité. Il semble résulter cependant des expériences de feu le docteur Calvert que l'acide carbonique serait sa principale cause, et que, sans lui, les autres agents n'auraient que très-peu d'effet. Le fer ne se rouille pas du tout dans l'oxygène sec; il se rouille peu dans l'oxygène humide, mais très-rapidement dans un mélange d'acide carbonique humide et d'oxygène. Un morceau de fer brillant plongé dans de l'eau saturée d'oxygène se rouille très-peu; mais, en présence de l'acide carbonique, l'oxydation est si active, qu'il se produit un précipité noir au bout de très-peu de temps. Le fer brillant plongé dans une dissolution de soude caustique ne se rouille pas du tout. La conséquence à en tirer est qu'en empêchant le conctact du fer avec l'acide carbonique humide, on pourra le préserver de la rouille.

(*Scientific American.*)

Sur les vibrations des récepteurs à miroir. — Le tome II des *Annales*, p. 294, contient une note de M. Wunschendorff sur les vibrations des récepteurs à miroir observées sur le câble d'Alger à Marseille. Les renseignements suivants, extraits d'un rapport de M. Robert, inspecteur à Alger, sont relatifs au même sujet :

« Depuis l'époque (février 1876) où une terre spéciale (prise à la borne-fontaine de la cour du Trésor à Alger) a été donnée

au câble d'Alger à Marseille, les oscillations du miroir avaient cessé en temps ordinaire ; mais, en temps d'orage, elles avaient continué à être assez fortes pour interrompre quelquefois les communications.

« Le 7 juin dernier, le câble a été prolongé à Alger jusqu'aux appareils, et la terre a été prise à l'armature même du câble. Malgré cela, la situation ne s'est pas modifiée, eu égard aux oscillations; et, lors des orages assez violents qui ont eu lieu vers le 15 juin, les oscillations ont continué (lors des décharges atmosphériques) à se produire avec la même force que précédemment. »

Câble de la Nouvelle-Zélande.

Composition de l'âme :

Poids du cuivre par mille marin.	107 livres.
— de la gutta-percha.	140 —

Longueurs de câble fabriquées :

	Milles.	Poids par mille en tonnes.
Type A. — 10 fils de fer galvanisés, n° 00, de la jauge de Birmingham.	10	12,5
Type B. — 10 fils de fer galvanisés, n° 6, de la jauge de Birmingham.	59	3,9
Type D. — 15 fils de fer homogène, n° 13, de la jauge de Birmingham.	300	1,5
Type C. — 9 fils de fer homogène, n° 13, de la jauge de Birmingham.	1.001	1,3
Total.	1.370	

La fabrication a été commencée le 11 août et terminée le 28 octobre 1875.

Le câble a été embarqué sur deux navires, savoir :

Sur l'*Edinburgh*.	183	milles marins.
Sur l'*Hibernia*..	1.187	—
Total.	1.370	—

On a commencé l'immersion du câble en partant de Botany-

Bay, Australie, le 7 février 1876, et elle a été achevée à Nelson, Nouvelle-Zélande, le 18 février 1876.

Longueur de câble immergé, environ. . . .	1.283	milles marins.
Longueur du tracé de la ligne sur l'eau, env.	1.125	—
Profondeur maxima de l'eau, environ. . .	1.975	brasses.

(*The telegraphic Journal.*)

Le Câble de Sidney à la Nouvelle-Zélande

et les nouveaux projets de communication sous-marine en Océanie.

Un événement de la plus grande importance pour les intérêts du commerce international a eu lieu en Nouvelle-Galles du Sud, le samedi 7 février. Il s'agissait de la pose du câble qui relie Botany-Bay près Sydney, Nouvelle-Galles du Sud, avec Blind-Bay, près Nelson, Nouvelle-Zélande.

Pour cette communication, le gouvernement de New-South Wales paye une subvention de 62.500 francs par an, et la Nouvelle-Zélande 125.000 francs par an, pendant dix ans. La subvention pourra être réduite en proportion des résultats de l'exploitation. Le câble part du côté nord de la baie Botany, en dedans de l'entrée et en face du lieu où débarqua le capitaine Cook, en avril 1770. Les navires portant le câble, l'*Hibernia*, capitaine Cato, et l'*Édimbourg*, capitaine Manning, vinrent de Sydney mouiller à Botany-Bay. Juste au-dessous du monument de La Pérouse où aboutit le câble, à 35 mètres du rivage, on éleva quatre tentes et deux bâtiments en planches sur assises en maçonnerie. Dans l'un de ces bâtiments de 12 pieds carrés seulement sont installés les appareils : quatre galvanomètres à miroir de sir William Thomson, un galvanomètre parleur et un appareil Morse.

L'*Hibernia* était mouillée à 1/3 de mille. Une longue et forte amarre fut portée à terre jusqu'à 100 mètres à l'est de la place où le câble devait atterrir. Le *Life Boat*, avec la première portion du câble à bord, suivit l'amarre, et le câble, maintenu par sept embarcations échelonnées, fut conduit à terre. Le *Life Boat*, après avoir été assez loin à l'est, revint en arrière, et

l'on amena assez de câble pour atteindre le bureau sans donner de tension au câble.

A 7h 30m le câble d'atterrissement était à terre ; 20 minutes après il était relié avec le câble de l'*Hibernia*, déposé dans trois réservoirs de 34 pieds de diamètre, contenant chacun 400 milles de câble et communiquant ensemble. Deux minutes après, une dépêche envoyée par le navire fut reçue à la station de terre ainsi conçue : « All right ! » Une heure après, l'*Hibernia* se mit en marche lentement, accompagnée par l'*Ajax* et le *Mystery*. L'*Édimbourg* suivit de près. La plus grande profondeur d'immersion était 2 milles et demi.

La longueur totale du câble immergé est de 1.370 milles marins. La taxe est approximativement de 0f,00084 par mille et par mot.

A partir du monument de La Pérouse, à Blind-Bay, ce câble a les dimensions suivantes :

Type A. — Shore end (câble d'atterrissement)	5	milles marins.
— B. — Câble intermédiaire.	15	—
— D. — —	148	—
— C. — Deep sea (câble de mer profonde).	1.001	—
— D. — Second intermédiaire	152	—
— B. — Intermédiaire	44	—
— A. — Shore end.	5	—

Le type A pèse 12,5 tonnes par mille.
Le type B pèse 3,9.
Le type C pèse 1,5.
Le type D pèse 1,3.

Il y avait à bord une réserve de 200 milles en plus de la longueur estimée. L'âme du câble consiste en un toron de 7 fils de cuivre, recouvert de gutta-percha d'un quart de pouce de diamètre ; l'enveloppe est en filin de jute, l'armature de 15 fils d'acier tressés. En outre, le tout est entouré de deux enveloppes de filin de chanvre tressées en sens inverse et revêtues de plusieurs couches d'un mélange de poix et de goudron. Le contrat primitif a été fait par l'*Eastern Extension Australasian China Telegraph Company* (limited) qui traita pour la fabrication et la pose du câble avec la *Telegraphic construction and Maintenance Company*, limited.

L'ingénieur de la compagnie, chef de l'expédition, est M. Lu-

cas; l'électricien en chef, M. Laws, avec dix autres spécialistes sous leurs ordres. Dans la station de terre, les travaux télégraphiques pendant la pose sont confiés à M. Th. Browne, assisté de sept autres télégraphistes. Une fois le câble posé et les essais faits à la satisfaction de l'*Eastern Extension*, le câble devait être livré aux représentants de cette compagnie et ouvert à la correspondance publique, sous la direction de M. Grigor Taylor, avec deux employés. Aux termes du contrat, l'*Édimbourg* sera en station permanente en Australie pour assurer les réparations du câble.

L'*Hibernia* avait suspendu à sa mâture quatre fortes bouées pour le cas où une tempête forcerait à couper le câble, ou en cas d'avoir à relever le câble pour le réparer. L'*Hibernia* s'avançait entre l'*Ajax* et le *Mystery*, précédée par un bateau indiquant la route à suivre. Elle franchit parfaitement la passe malgré les 27 pieds d'eau qu'elle cale, et perdit la terre de vue. Elle fut suivie par l'*Édimbourg* au milieu des hurrahs des spectateurs. Le lundi, à midi, elle avait filé 160 milles, le mercredi, 612 milles, soit 140 milles par jour. Les expériences accusaient toujours un parfait état électrique. Le 20 février, le câble était posé avec succès, et la communication ouverte au public le 21. L'ouverture officielle avait été faite la veille par les gouverneurs de chacune des colonies reliées. C'est une cause d'émulation pour nous, surtout quand nous voyons ce câble immergé au pied même du monument de La Pérouse.

Quelques jours après l'arrivée du capitaine Phillip et de la première flottille anglaise, 18 janvier 1788, le célèbre navigateur français La Pérouse, avec deux navires battant pavillon français, entra dans la baie. Il avait quitté Brest en 1785 et avait déjà fait pendant son voyage d'importantes découvertes. La Pérouse s'établit sur place, à Botany-Bay, en vue de monter deux embarcations dont il avait les pièces démontées. Il éleva également un observatoire qui lui avait été envoyé et destiné à d'Ajelet, l'astronome en chef de l'expédition. Pendant le séjour, le P. Le Receveur mourut des suites d'une blessure reçue dans un conflit avec les naturels des îles des Navigateurs. Un monument, avec une inscription, fut élevé à sa mémoire. La Pérouse sortit de Botany-Bay et mit à la voile le 10 mars 1788, avec l'*Astrolabe* et la *Boussole*. On n'apprit plus rien de précis

sur son sort jusqu'en 1826, époque où le capitaine Pierre Dillon fut informé que les deux navires étaient naufragés à Vanikoro (et non pas à Mallicolo, comme le dit le journal australien). L'équipage de l'un des navires fut massacré ou noyé. Quelques membres de l'équipage de l'autre navire avaient construit un bateau et s'étaient éloignés. Antérieurement à la découverte des objets appartenant au navire, sur l'île précitée, le gouvernement français avait fait élever un monument à l'endroit même où La Pérouse s'était séparé de ses amis anglais. C'est une haute et pittoresque colonne en pierres. Moins d'un siècle après, au pied même de ce monument, on trouve établi un système de communication instantanée avec l'Europe, qui pendant quarante ans ne put obtenir aucun renseignement certain sur le sort des deux navires de La Pérouse.

A l'époque où le projet d'un câble de Sydney à la Nouvelle-Zélande fut mis en avant, il était complétement indépendant du grand projet américain de relier San Francisco au Japon par Honolulu. Depuis lors, le système s'est agrandi : des paquebots-poste ont été créés entre l'Australie et l'Amérique; les Fidgi sont devenues possessions anglaises. Il ne suffisait plus d'un trait d'union entre deux colonies sœurs, mais il fallait un réseau complet entre des continents et des mondes.

Les Américains ont aujourd'hui terminé leurs sondages pour le câble de San Francisco au Japon. Ils ont trouvé, au fond de la mer, un lit tout préparé et spécialement adapté par la nature pour la pose de leur câble. Concurremment avec la voie postale, ils ont immédiatement songé à poursuivre au delà des Sandwich leur câble jusqu'aux Fidgi, et voilà comment il ne faut pas s'étonner de voir un navire de guerre américain faire les sondages nécessaires pour cette vaste entreprise. Il s'agit de mettre en communication par des voies nouvelles l'Asie, l'Amérique, l'Australie, le Japon et les principales îles du grand océan Pacifique entre elles.

Le *Tuscarora*, commandant Miller, armé de 6 canons, avec un équipage de 140 hommes, doit être actuellement à Sydney. Ce navire a quitté Honolulu (Sandwich) le 6 décembre dernier, a passé aux îles du Phénix et à Ya-asana, se rendant aux Fidgi, en route pour Moreton-Bay (Brisbane). Il retourna de Sydney aux Fidgi par la Nouvelle-Zélande. Or, ce dernier parcours

laisse fort loin la Nouvelle-Calédonie, tandis que la voie de Brisbane à Kandavau nous mettrait à portée de participer à l'entreprise.

Le *Tuscarora* a jeté soixante-quinze fois la sonde entre Honolulu et les Fidgi et a trouvé, pour la plus grande profondeur de l'Océan, 3.448 brasses au nord de l'équateur près du groupe du Phénix. La moyenne des fonds est considérable jusqu'à 600 milles des Fidgi, où la sonde n'accusa plus que 397 brasses pour redescendre ensuite à 1.600. L'appareil est celui de sir William Thomson, perfectionné. Au lieu de cordes végétales, ce sont des cordes métalliques pour pianos. Le plomb se détache facilement en touchant le fond. On remonte des spécimens du fond. Le thermomètre Miller Castella, pour les grandes profondeurs de la mer, donne la température à différentes profondeurs. Il paraît qu'on a sondé jusqu'à un point très-rapproché du nord de la Calédonie. Le *Tuscarora* est à Brisbane, où les Anglais ont fêté son arrivée. Il n'est pas possible de rester indifférent à ces opérations, et si nous n'avons ni la richesse, ni la population, ni l'étendue des possessions britanniques dans ces mers, du moins nous avons un sol riche en minerais. A défaut de grandes cultures, l'industrie donnera d'autant plus d'importance au pays que les relations qui en découlent s'étendent forcément jusqu'en Europe. De là la nécessité de prendre part à des entreprises qui ont pour but d'assurer ces relations et d'activer le développement du pays. La Calédonie, par sa situation sur le parcours des câbles projetés, offre des avantages multiples pour leur atterrissement, leur exploitation et leur entretien. Il est de l'intérêt des compagnies de ne pas négliger ces avantages.

(*Moniteur de Nouméa*, du 22 mars 1876.)

Les Causes de rupture des câbles télégraphiques.

Le *Telegrapher* donne les renseignements suivants au sujet des fréquentes ruptures du câble direct des États-Unis :

En réponse à un correspondant du *Herald* de Boston, qui imputait les ruptures réitérées du câble direct à la compagnie rivale (l'*Anglo-American Company*), M. J. Gaines, surintendant de cette dernière compagnie à Duxbury, communique à ce journal un article dans lequel il discute les causes de ces accidents. Il trouve d'abord l'allégation du *Herald* « un peu dure pour la compagnie rivale, surtout quand on se rappelle que les câbles de l'*Anglo-American* ont été brisés quatre fois aussi souvent que le câble direct ».

Il constate que le câble de Duxbury à Saint-Pierre, immergé dans l'été de 1869, a été brisé depuis régulièrement chaque année, sauf en 1874; quelquefois deux fois dans la même année, et en 1875 trois fois. Il signale quelques coïncidences singulières relatives à la date et à la position des points de rupture dans ces nombreux accidents. Ainsi le câble s'est rompu, dans les diverses années, les 26, 27 et 29 mai, et toutes les ruptures, à l'exception d'une seule, se sont produites sur une même section du câble de 50 milles de long, et cinq d'entre elles sur une section de 5 milles. Les armateurs et propriétaires des bateaux de pêche par qui le câble était rompu ont bien voulu quelquefois faire connaître les détails de l'accident; ils démontrent catégoriquement que la rupture du câble *direct* a été accidentelle et ne peut être imputée à la malveillance.

Le 4 mai 1873, le câble était brisé à 66 milles de Duxbury par la goëlette de pêche *J. W. Bradley*, de Rockport (Massachusetts). La veille du jour où le câble fut saisi, il s'éleva un vent violent. Le navire partit en dérive à l'entrée de la nuit, et il fila dehors environ 180 brasses de chaîne. Le matin, lorsqu'il commença à virer sa chaîne, il supposa que l'ancre était crochée au fond. Après avoir amené à bord 80 brasses, il trouva que l'ancre était tenue et continua à virer pendant six heures, donnant seulement un tour de cabestan chaque fois que l'avant du navire, après s'être levé à la lame, venait ensuite à s'abaisser. On s'aperçut, à la fin, que l'on tenait le câble, et pendant qu'on cherchait un moyen de dégager l'ancre, le câble se brisa. « Voilà ce qui se passe habituellement, dit M. Gaines. C'est toujours la même histoire, le temps et les lieux seuls changent. Le câble est croché, on vire la chaîne

tant qu'on peut, produisant ainsi sur le câble télégraphique une tension violente, et alors les secousses occasionnées par la mer qui déferle ou par la grosse houle qui soulève le navire comme un bouchon de liége finissent par casser quelque chose, e t généralement le câble, parce qu'il est le plus faible. Dans une réparation, on trouva une ancre sur le câble; cette fois la chaîne avait été plus faible que le câble; mais ce cas est très-rare. »

M. Gaines cite quelques autres accidents analogues, quant au fond, à celui qui vient d'être rappelé et n'en différant que par quelques détails.

Citant ensuite le passage suivant du rapport aux directeurs de la compagnie du câble direct fait par MM. Thomson et Bramwell : « Les considérations qui précèdent montrent clairement que si un navire de pêche, ayant accidentellement croché le câble, l'avait amené à la surface pour essayer de tirer son ancre à bord, le câble n'aurait pas été brisé par cette manœuvre », M. Gaines dit : « C'est de la théorie. Je la mets en présence des faits, et je soumets la question au jugement impartial du public. »

En ce qui concerne cette assertion du rapport que ce fait, à savoir que le câble est resté immergé depuis plus d'un an avant sa mise en exploitation sans être rompu, « montre à l'évidence combien il est peu probable que les ruptures qui ont eu lieu depuis aient été causées accidentellement par des navires de pêche se livrant à leurs occupations ordinaires », M. Gaines fait observer qu'il est remarquable que le câble de Duxbury a eu la même chance. Du 1er septembre 1873 au 28 mai 1875, il n'a subi aucun dommage d'aucune sorte.

(*Telegraphic Journal.*)

Attractiomètre ou Bathomètre de M. Siemens.

Cet instrument, imaginé par M. Siemens, est destiné à la mesure des profondeurs de la mer sans l'emploi des lignes de sonde ordinaires.

L'auteur est parti de l'idée que la gravitation totale de la terre, mesurée à sa surface, se compose des attractions séparées de toutes ses parties, et que l'influence attractive des diverses matières varie en raison directe de leur densité et en raison inverse du carré de la distance au point où se prend la mesure.

La densité de l'eau de mer est d'environ 1,026; celle des solides constituant la croûte de la terre est environ 2,763, densité moyenne de la pierre calcaire, du granit, du schiste, du grès, etc. Il en résulte que la présence d'une couche d'eau de mer doit exercer une influence sensible sur la gravitation totale du globe, si l'on prend la mesure en un point de la surface de la terre.

On peut déterminer mathématiquement la valeur de cette influence en supposant que la mer ne soit pas pesante; on trouve que l'attraction totale de la terre, mesurée à la surface de la mer, diminue dans le rapport de la profondeur r à $\frac{2}{3}$ R, R étant le rayon de la terre. En tenant compte de la densité de l'eau de mer, le poids doit diminuer dans le rapport de r à $\frac{614}{519}$ R, soit à peu près dans le rapport de r à R. Ce coefficient doit même être diminué à cause de la variation de densité à l'intérieur de la terre. M. Siemens admet d'ailleurs que pour établir une échelle à mettre en usage, il est préférable de recourir à des mesures prises à l'aide de la sonde.

Un corps pesant moins à la surface de la mer que sur la terre, et la diminution de poids étant d'autant plus grande que la profondeur de l'eau est plus considérable, si ce corps est soutenu par un ressort, la diminution de la tension du ressort permettra d'apprécier la perte de poids et d'en déduire la profondeur de l'eau; tel est le principe de l'appareil.

Dans un mémoire adressé à la Société Royale de Londres, le 20 juin 1876, M, Siemens donne la description d'un premier essai qu'il a fait en 1850, dans le but de construire un instrument indiquant sur une échelle graduée des variations de pesanteur aussi faibles que celles qui pourraient se faire sentir à la profondeur du tirant d'eau des navires, et il indi-

que la forme de l'instrument auquel il a été conduit après de nombreux essais.

Cet appareil, qu'il propose d'appeler *bathomètre* ou *attracuiomètre*, consiste simplement en une colonne de mercure verticale contenue dans un tube d'acier ayant à ses deux extrémités des lèvres en forme de coupe, de façon à augmenter la surface terminale du mercure. La coupe inférieure est fermée par un diaphragme et le poids de la colonne de mercure est balancé au centre du diaphragme par la force élastique de deux ressorts d'acier en spirale trempés convenablement et de même longueur que la colonne de mercure. Le problème revient à mesurer les variations légères de longueur qu'éprouvent les ressorts d'acier, lorsque la pesanteur varie et détermine une augmentation ou une diminution de poids de la colonne de mercure.

La lecture s'effectue au moyen d'un courant électrique que l'on établit entre l'extrémité d'une vis micrométrique et le centre du diaphragme. Le pas de la vis et les divisions de sa circonférence sont calculés de telle sorte que chaque division represente la diminution de la pesanteur due à une brasse de profondeur de mer.

Il est indispensable de faire une correction dépendant de la latitude du lieu d'observation; elle est donnée par un tableau qui accuse des variations moindres sur mer que sur terre, ce qui est dû à l'absence des masses qui s'élèvent au-dessus du sol et à la densité très-uniforme de la mer.

M. Siemens a dressé un tableau donnant les résultats des observations faites avec cet instrument dans une double traversée de l'Atlantique, à bord du *Faraday*, pendant la pose du dernier câble transatlantique. Les relevés de l'instrument étaient comparés avec ceux des sondages que l'on faisait au moyen des autres appareils. On a obtenu un accord aussi complet qu'on pouvait le désirer, en tenant compte du fait que la ligne de sonde donne la profondeur immédiatement au-dessous du navire, tandis que le bathomètre donne la profondeur moyenne d'une certaine surface dont l'étendue dépend de la profondeur. On a pu constater, en outre, que sur les pentes, les deux instruments s'accordent autant qu'on peut le désirer.

Radiomètre de M. Crookes.

L'attention des savants est depuis quelque temps attirée par les expériences curieuses de M. Crookes, dont il n'est peut-être pas inutile de dire quelques mots dans ces *Annales*, car il n'est pas impossible que l'électricité y joue un certain rôle.

Le phénomène fondamental observé par M. Crookes consiste en ce que si un corps est librement suspendu dans un tube de verre fermé, où l'on puisse faire varier la pression, les corps chauds l'attirent s'il est dans l'air, et le repoussent s'il est dans le vide. L'attraction qui se produit dans l'air ou dans un vide imparfait peut être attribuée aux courants d'air; mais pour la répulsion, il est nécessaire de rechercher une explication d'un autre ordre, car elle devient d'autant plus grande que le vide est plus parfait et se manifeste avec une certaine énergie dans un vide assez parfait pour qu'il ne laisse pas passer l'étincelle électrique.

La chaleur obscure, aussi bien que la chaleur due aux sources lumineuses, produit la répulsion; mais tandis que l'action de la chaleur est égale sur toutes les surfaces, celle de la lumière est plus énergique sur les surfaces noires que sur les surfaces polies; les premières sont donc repoussées avec plus d'énergie : de là l'idée du radiomètre.

L'appareil se compose d'un tourniquet à quatre bras terminés par des ailettes qui ont une face polie et l'autre noircie, toutes ces dernières étant tournées dans le même sens. L'instrument est équilibré sur une pointe perpendiculaire aux quatre bras, qui lui permet de tourner autour d'un axe vertical; il est placé dans une petite cloche où l'on fait le vide. Lorsqu'on présente une lumière à l'instrument, on voit le tourniquet tourner avec une rapidité de plus en plus grande, et la direction est celle du noir au blanc en traversant chaque ailette.

La vitesse de rotation augmente avec la durée de l'exposition à la lumière jusqu'à une certaine limite, qui dépend de son intensité, de sa nature et de son éloignement de l'instrument.

Voici quelques résultats d'expériences cités par M. Poggendorff (*) :

(*) Extrait d'un article de M. Bertin, publié dans les *Annales de physique et de chimie*, juin 1876.

					Durée d'un tour du radiomètre en secondes.
1	bougie	à $0^m,50$	de distance		182
1	—	$0^m,25$	—		45
1	—	$0^m,127$	—		11
2	—	—	—		5
4	—	—	—		3
8	—	—	—		1,06
1	—	—	—	derrière un verre vert	40
1	—	—	—	— orange	26
1	—	—	—	— rouge	20
Lumière diffuse mate					2,3
— — claire					1,7
En plein soleil, 10 heures du matin					0,3
— 2 heures de l'après-midi					0,25

Pendant le refroidissement, le radiomètre prend un mouvement inverse de celui qui l'animait lorsqu'il était exposé à la chaleur.

Les physiciens sont très-partagés sur la cause des mouvements du radiomètre. Quelques-uns, répugnant à l'idée d'une forme nouvelle et à celle de la transmission des mouvements par l'intermédiaire de l'éther, attribuent la rotation au mouvement de l'air qui reste toujours en petite quantité dans l'appareil, mais cette explication est en désaccord avec ce fait que la rotation est d'autant plus rapide que l'air est plus raréfié et qu'elle a lieu dans un vide assez parfait pour ne pas laisser passer l'étincelle électrique.

M. Reynolds attribue également les mouvements des ailettes du radiomètre à l'air qui subsiste dans l'appareil, mais sans avoir recours aux courants gazeux produits par la chaleur; suivant lui, les ailettes seraient poussées par les molécules d'air, qui, d'après la théorie mécanique des gaz, sont continuellement en mouvement. Ces molécules rebondissent après avoir frappé les palettes et s'être échauffées à leur contact, leur vitesse augmente, et il en résulte un recul de l'ailette qui est plus grand pour le côté noir que pour le côté poli parce que les molécules étant plus réchauffées du premier côté que du second leur vitesse est plus grande. Quand le radiomètre contient trop d'air, sa résistance s'oppose au mouvement.

Enfin, M. Crookes considère les mouvements de son radiomètre comme étant la manifestation d'une action mécanique

directe de la radiation, soit calorifique, soit lumineuse. On a fait à cette explication du phénomène des objections, reposant surtout sur la difficulté d'admettre qu'un corps qui a de la masse puisse être mis en mouvement par l'éther qui n'en a pas.

Mais il faut remarquer qu'on admet cette transmission des mouvements à travers l'éther dans les phénomènes calorifiques qui dilatent les corps et produisent des effets bien plus considérables que ceux du radiomètre. L'électricité et le magnétisme offrent aussi des exemples de transmission de la force par l'intermédiaire de l'éther.

On a dit aussi que cette explication devait entraîner l'abandon de la théorie des ondulations pour faire revenir à la théorie de l'émission. Mais rien ne paraît s'opposer à ce que le mouvement de vibration dans la direction normale aux rayons de propagation ne soit accompagné d'une force agissant dans la direction de ces rayons. Ajoutons encore que quelques physiciens penchent vers une explication reposant sur l'électricité, soit qu'il s'établisse dans les ailettes de l'appareil des courants thermo-électriques qui sont mis en mouvement par le magnétisme terrestre, soit que l'action de la lumière en décomposant le fluide neutre sur l'enveloppe de verre et sur les ailettes du radiomètre entraîne le mouvement de ces dernières.

E. E. B.

Bibliographie.

Traité d'électricité statique, par M. E. Mascart, professeur de physique au Collége de France. 2 volumes grand in-8° avec 298 figures dans le texte. Prix : 30 francs, à la librairie G. Masson, place de l'École-de-Médecine, à Paris.

Extrait de la préface. — Je dois au lecteur quelques explications sur la nature des matières qui sont traitées dans cet ouvrage et sur le choix du titre auquel je me suis arrêté. Si l'on s'en tenait à la signification rigoureuse des termes, un Traité d'électricité statique ne devrait comprendre que les conditions d'équilibre des corps électrisés, ou, plus généralement, l'étude des phénomènes dans lesquels l'agent électrique ne donne lieu à aucun travail ni à aucun effet calorifique équivalent, et se réduirait aux conséquences mathématiques de la loi de Coulomb. Le cadre que je me suis proposé de remplir est beaucoup moins restreint et, pour mieux préciser le caractère des questions qu'il renferme, il est nécessaire d'examiner rapidement la manière dont s'est développée la science de l'électricité.

Cette science est toute moderne; malgré quelques faits connus des anciens, son origine est réellement marquée au commencement du dix-septième siècle par les travaux de Gilbert. A partir de ce moment, les découvertes se succèdent très-rapidement, mais restent longtemps sans aucun lien méthodique. L'ordre s'établit peu à peu pendant le dix-huitième siècle : les idées générales apparaissent, permettant de mieux interpréter les anciennes expériences et en provoquant de nouvelles. C'est ainsi qu'on découvre successivement la conductibilité électrique, les deux manières d'électriser les corps, la production simultanée des deux électricités, la condensation et l'influence. Une théorie générale rattachant l'ensemble des faits connus à un petit nombre d'hypothèses commence à devenir possible et, après les admirables travaux de Coulomb, on pouvait même croire que cette science était constituée d'une manière définitive. Les phénomènes étaient réglés par les

mêmes lois que l'attraction universelle et les problèmes à résoudre ne devaient présenter dans la pratique que des difficultés d'analyse : les mémoires de Poisson relatifs à la distribution de l'électricité sur deux sphères voisines furent le plus bel exemple de ce genre de calculs

Toutefois, il restait à faire un pas important pour envisager l'électricité sous son véritable aspect, et ici encore l'expérience, entre les mains d'un homme de génie, devança de longtemps la théorie. En même temps que Coulomb déterminait les lois élémentaires des actions électriques, Volta mettait en évidence une propriété importante qu'il appela la *tension électrique*, propriété qu'il ne put rattacher par le calcul à aucune loi simple, mais qui lui permit de déterminer les capacités électriques des corps, la force condensante et l'état électrique de l'air, sans que, dans ces différentes applications, on puisse signaler aucune erreur d'interprétation.

Ces travaux de Volta auraient suffi à immortaliser son nom, si la découverte de la pile, qui n'était que le développement et la généralisation de ses premières idées, n'avait trop fait oublier le point de départ. La notion nouvelle de tension électrique, que Volta ne pouvait définir autrement qu'une tendance de l'électricité à marcher dans une certaine direction, est restée confuse et souvent mal interprétée, jusqu'à ce que les mathématiciens en eussent donné une définition précise, déduite des lois mêmes de Coulomb, et en eussent montré les principales propriétés. Mais, à ce moment, l'attention des physiciens était ailleurs : les travaux d'Œrstedt et d'Ampère sur l'électro-magnétisme et l'électro-dynamique, la découverte inattendue de l'induction par Faraday, avaient fait connaître des phénomènes que l'on ne pouvait plus expliquer par le principe de Volta ; les expérimentateurs furent entraînés dans une autre voie plus féconde et le mémoire de Georges Green resta entièrement méconnu, même en Angleterre. Il fallut enfin que la théorie mécanique de la chaleur, établissant une corrélation entre les phénomènes physiques par le principe général de la conservation du travail sous toutes ses formes, amenât la révision complète et la coordination des phénomènes électriques, pour qu'ils apparussent sous un jour tout nouveau.

Si l'on voulait définir par un mot l'esprit de cet ouvrage,

on pourrait dire que c'est l'étude de la tension de Volta, ou du potentiel, comme l'ont appelée les mathématiciens, des propriétés de cette fonction et de toutes les circonstances qui font naître entre deux corps une différence de tension ou de potentiel. Un titre rappelant ce caractère aurait pu manquer de simplicité et de clarté; j'ai préféré celui d'électricité statique, pour indiquer que c'est une première étude des phénomènes électriques, et me réserver plus de latitude dans le choix des matières.

J'ai consulté autant que possible les mémoires originaux et j'ai indiqué la plupart des sources au moyen de renvois nombreux. Je ne me suis pas proposé de faire un historique complet sur chaque question ni de citer tous les physiciens qui ont contribué aux progrès de la science, mais j'ai cherché à rendre justice aux savants qui ont introduit quelque idée ou quelque méthode nouvelle. Si je n'ai pas réussi dans cette tâche difficile, j'espère au moins qu'on ne trouvera dans cet ouvrage aucun parti pris d'exclusion ni de critique malveillante.

BULLETIN ADMINISTRATIF.

OBSERVATOIRE DE PARIS.

AVERTISSEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES.

Le décret du 13 février 1873 porte :

« Art. 1er. L'étude des grands mouvements de l'atmosphère et les avertissements météorologiques aux ports et à l'agriculture sont placés dans les attributions de l'Observatoire de Paris.

« Le service des avertissements aux ports a été réorganisé ; il fonctionne désormais avec régularité et précision. Les conditions en sont exposées dans la pièce suivante qui est affichée dans tous les ports :

« SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE DES PORTS

« (fait en exécution du décret du 13 février 1873).

« *Interprétation des dépêches.*

« La hauteur du baromètre est à considérer avant tout. On s'en rendra compte à l'inspection des deux cartes ci-incluses, des 8 et 9 décembre 1874, où sont figurés la hauteur barométrique, l'état des vents et de la mer.

« La hauteur du baromètre est inscrite en millimètres, et l'on joint par une courbe les stations où elle est la même. On voit sur la carte du 8 décembre n° 1 qu'à Bordeaux, Limoges, Toulon, Palerme, la hauteur du baromètre est de 770 millimètres. Plus au nord, au cap Lizard, à Scarborough, Berlin, la hauteur n'est que de 754 millimètres, et, baissant de plus

en plus vers le nord-ouest, elle tombe à 742 millimètres à Valentia.

« Le lendemain, 9 décembre, la plus faible hauteur barométrique ne se trouve plus à Valentia, mais bien sur la mer du Nord, où elle n'est que de 726 millimètres. (Voir la carte n° 2.) Les vents, modérés le 8 décembre sur la Manche, soufflent en tempête le 9, et la mer est furieuse.

« Des flèches indiquent, pour chaque station, la direction du vent; le nombre des pennes fait connaître la force. Ainsi :

La flèche /——> signifie : *vent faible.*

La flèche //——> signifie : *vent modéré.*

La flèche ///——> signifie : *vent assez fort.*

La flèche ////——> signifie : *vent fort.*

La flèche /////——> signifie : *vent très-fort.*

La flèche //////——> signifie : *vent violent.*

« Des hachures simples figurent une mer houleuse. Des hachures croisées indiquent une grosse mer. On juge ainsi de l'état de la mer à première vue.

« On a reconnu que le vent souffle généralement en tournant autour du point où le baromètre est le plus bas, en sorte qu'il vient de l'ouest pour les régions situées au sud de ce point central, du sud pour les régions situées à l'orient, et du nord pour les régions situées à l'occident. Sa force est d'autant plus grande que la dépression du baromètre est plus considérable dans le point central.

« On voit, dès le 8, par la dépression du baromètre et la force du vent qui existent à Valentia, qu'une tempête sévit à l'ouest de l'Irlande, et, en pareil cas, il y a lieu de se demander quelle en sera la suite le lendemain.

« Pour le prévoir avec certitude, il faudrait connaître ce que sera la marche du centre de la bourrasque pendant les vingt-quatre heures. En fait, la tempête du 8 décembre a marché vers l'est et a bouleversé le 9 décembre la Manche et la mer du Nord; mais il arrive aussi que certaines bourrasques qui se sont présentées dans les mêmes conditions apparentes se

relèvent cependant vers le nord et restent inoffensives pour les côtes françaises.

« D'où la nécessité, le gros temps arrivant par l'Océan et commençant à se manifester au nord et au nord-ouest, d'en surveiller attentivement la marche jusqu'au moment où, la tempête venant à se dessiner, les côtes peuvent être averties.

« A cet effet, il a été décidé que le service télégraphique des avertissements sera fait deux fois par jour. Par une dépêche détaillée envoyée le matin à midi, les marins sont mis à même de connaître l'état du baromètre, des vents et de la mer sur tous les parages qui les intéressent, et les conditions menaçantes sont signalées. Une seconde dépêche, expédiée dès qu'il est possible, et, en général, vers sept heures du soir, complète les informations nécessaires.

« On estime que ce second avis est particulièrement utile aux bateaux pêcheurs qui se mettront en mesure de le consulter dans les temps incertains.

« *Le directeur de l'Observatoire*,

« LE VERRIER. »

SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE AGRICOLE.

Les avertissements météorologiques qui peuvent être utiles à l'agriculture sont essentiellement différents de ceux que réclame la navigation.

Les marins se préoccupent presque exclusivement de la force, de la direction du vent et des dangers qui en résultent.

Les agriculteurs ont à tenir compte de la pluie, des orages ; et au contraire le vent, sauf quelques circonstances exceptionnelles, leur importe peu.

Prévenir de la pluie, dont les circonstances dépendent de conditions absolument différentes sur les divers points de la France, est une question des plus délicates, qui demande une sérieuse attention et la plus grande prudence.

Lorsqu'il y a dix-huit ans l'Observatoire fonda le service des avertissements à la marine, on ignorait dans quelles conditions il pourrait se faire avec succès. Aujourd'hui, fort de l'expérience acquise, l'Observatoire peut faire un service

des plus utiles, et pas une tempête sérieuse ne se présente, qui n'ait été annoncée aux ports qu'elle menace, dans la Manche, sur l'Océan, dans la Méditerranée.

Le difficile service de l'agriculture se présente à nous aujourd'hui dans les conditions d'indécision où s'offrait, en 1858, la service maritime.

Cett e difficulté n'est pas une raison de ne point exécuter, sous ce rapport, le décret de 1873; il faut seulement y porter l'attention la plus sérieuse. Des erreurs seront commises à l'origine, il faut s'y attendre, nombreuses peut-être la première année, puisque nous n'avons encore aucune base précise sur laquelle nous puissions nous appuyer, elles diminueront à mesure qu'on avancera, et sans doute, l'expérience aidant, on arrivera à être sérieuremeut utile à l'agriculture comme on l'est aujourd'hui à la marine.

Le service agricole ne peut donc pas, comme celui de la marine, consister en des avis absolus envoyés par l'Observatoire de Paris. Il est indispensable que les avertissements généraux qui seront expédiés aux chefs-lieux des départements y soient commentés par les commissions météorologiques, en tenant compte des circonstances locales et d'une étude attentive particulière aux différentes contrées. Cette marche offrira d'ailleurs le grand avantage d'amener un progrès décisif dans les études météorologiques en France.

Les commissions chargées du développement des avertissements agricoles auront tout d'abord à suivre la marche de la pluie, non pas seulement sa quantité, mais la façon dont elle se développe progressivement à travers les cantons, à travers les départements, lorsque, après un temps sec, le temps pluvieux survient à son tour.

L'étude des orages devra pareillement être reprise avec attention. Lorsqu'un orage se manifestera aux extrémités d'un département, il en faudra prévenir immédiatement le chef-lieu, et, celui-ci à son tour venant à informer l'Observatoire de Paris, il sera possible, dans bien des circonstances, de prévenir ceux des départements qui pourraient être menacés.

L'étude des grêles sera l'objet d'une attention particulière.

Il faut arriver à connaître quelle peut être l'influence des bois, des collines, des cours d'eau sur un phénomène dont l'action est trop souvent désastreuse.

Les gelées tardives du printemps causent de grandes pertes à l'agriculture. On a souvent dit qu'on pourrait peut-être en conjurer l'effet par l'emploi de la fumée. Il faut aussi que cette question soit résolue. Les pertes qu'il s'agirait d'atténuer se chiffrant par millions dans certains départements, on pourrait sans doute réunir les ressources nécessaires pour quelques expériences pratiques. Mais il faudrait qu'elles fussent étendues à la fois à une grande surface de pays, à l'ensemble d'une vallée. Lorsque, du haut des collines, on assiste à la combustion en usage des herbes, on est frappé de la façon dont disparaissent à la vue toutes les parties de la vallée, et l'on ne peut s'empêcher de croire que, si l'on empêchait ainsi les rayonnements nocturnes dangereux au printemps, il en pourrait résulter des avantages.

Les avertissements relatifs aux inondations sont aussi d'une grande importance : l'attention a été trop fortement excitée à cet égard dans les dernières années pour qu'il soit besoin d'insister ; mais les ingénieurs des ponts et chaussées et des mines sont chargés de cet important service, et nous venons seulement conclure ici à la nécessité d'assurer leur concours aux commissions météorologiques agricoles.

Par ces considérations, après avoir consulté les délégués de l'administration des lignes télégraphiques, MM. Baron et Demeaux, après avoir entendu MM. les présidents de diverses commissions météorologiques, et notamment des départements de la Vienne, de la Haute-Vienne et du Puy-de-Dôme, M. de Touchimbert pour la Vienne, M. Hébert pour la Haute-Vienne, M. Allouard pour le Puy-de-Dôme, le conseil de l'Observatoire a décidé que l'organisation des avertissements agricoles serait constituée comme il suit :

1° L'organisation sera départementale et placée sous les auspices du préfet.

Ce sont MM. les préfets qui ont constitué les commissions météorologiques et qui ont d'ailleurs dans leurs attributions les comités agricoles. C'est à eux qu'il appartiendra d'user, dans l'intérêt de l'agriculture, des facilités concédées par l'ad-

ministration des lignes télégraphiques; connaissant bien l'utilité et les besoins du service qui sera ainsi placé sous leur autorité, il leur sera plus facile d'intervenir près des conseils généraux, pour obtenir les allocations nécessaires qui seront toujours modiques auprès des intérêts à sauvegarder.

2° Les départements qui désireront constituer le service des avertissements agricoles devront établir des baromètres dans toutes les localités à desservir.

Ces baromètres devront être placés autant que possible à la portée du public et, pour cela, établis dans des boîtes à la porte des mairies, des églises, des écoles, du télégraphe.

La lecture devra en être facile, avantage qui sera réalisé avec le baromètre anéroïde à cadran. Ce baromètre coûte 20 francs et jouit aujourd'hui d'une grande précision.

3° Tous les baromètres d'une contrée seront réglés au niveau de la mer, afin d'en faciliter l'usage et de rendre plus uniforme et plus pratique l'inscription des présages qui sera placée sur le contour des cadrans (*).

4° La commission météorologique du chef-lieu devra être assez nombreuse pour qu'aux époques où fonctionnera le service il y ait toujours quelqu'un prêt à recevoir les dépêches de l'Observatoire de Paris, à les compléter en tenant compte des circonstances locales, afin d'assurer l'expédition rapide aux stations cantonales.

Il ne sera pas moins nécessaire d'avoir dans les cantons des correspondants zélés qui enseignent aux populations l'usage qu'elles doivent faire des dépêches. C'est ainsi que, dans la Vienne et la Haute-Vienne, dans chacune des stations, fonctionne un groupe de trois observateurs au moins, sous la direction du maire, du curé ou d'une personne notable; MM. les instituteurs font également partie de cette commission.

(*) On pourra se procurer le baromètre agricole en adressant un mandat de 20 francs sur la poste à l'agent comptable de l'Association scientifique de France dont les bureaux sont à Paris, boulevard Saint-Michel, n° 113. Il faudra dans la lettre joindre l'altitude pour laquelle l'instrument doit être réglé. On recevra l'instrument sans retard, sans autres frais et sans autres formalités.

5° Toutes choses étant ainsi organisées, il faudra obtenir de l'administration des lignes télégraphiques l'envoi d'une dépêche, qui sera transmise par l'Observatoire de Paris au chef-lieu, comme aussi l'envoi des dépêches du chef-lieu aux stations départementales pourvues de baromètres, ce qui est la condition indispensable.

L'administration des lignes télégraphique, qui ne cesse de donner aux entreprises utiles à la science, à la marine, à l'agriculture un concours empressé, a bien voulu accorder, à titre d'essai, dans les trois départements de la Vienne, de la Haute-Vienne et du Puy-de-Dôme, les communications nécessaires en toute franchise.

Lorsque l'expérience aura prononcé sur l'utilité du service, l'administration des lignes télégraphiques fait toutes réserves au sujet de son extension. Les dépenses nécessaires pourront être mises à la charge des départements et devenir l'objet d'abonnements.

Le service a commencé le 1er mai et, pour réaliser une expérience concluante, l'administration des lignes télégraphiques, l'Observatoire de Paris et les diverses commissions locales des trois départements ont consenti à faire le service tous les jours jusqu'au 1er octobre 1876. Après quoi, on avisera à nouveau.

L'Observatoire de Paris est informé chaque matin par les télégraphes de la situation météorologique de 60 stations européennes environ.

Aussitôt commence la réduction des observations ainsi reçues, et l'on construit la carte qui résume les résultats et notamment les courbes d'égale pression, les vents, l'état de la mer. La carte avance à mesure que les dépêches se succèdent; mais elle n'est complète qu'après que les dernières dépêches sont parvenues, c'est-à-dire vers les 11 heures 1/2. Alors seulement peuvent être rédigés les avertissements télégraphiques aux ports et pareillement les dépêches concernant les stations agricoles.

L'Observatoire reçoit fréquemment la demande d'avancer l'heure du service. On comprend qu'il soit dans l'impossibilité d'y souscrire. C'est à l'Angleterre qu'il faudrait demander de hâter ses observations et ses télégrammes, et l'Angleterre

devrait elle-même le demander à l'Irlande, dont les dépêches sont de toutes les plus indispensables, à ce point que l'Angleterre, ne faisant aucun service le dimanche, nous a accordé, par exception et par une grande faveur, la dépêche de Greencastle, même le jour du dimanche.

Aussitôt après les dépêches des ports, est expédiée aux préfets des départements la dépêche agricole qui doit être commentée par les commissions des chefs-lieux. Voici comment elle est constituée :

Les commissions départementales ont surtout demandé d'être mises à même de construire le jour même les courbes d'égale pression barométrique existantes et que jusque-là elles ne recevaient que le lendemain par la poste. A cet effet, le télégramme envoyé le 1er mai était ainsi conçu :

« *Observatoire de Paris à préfet de la Haute-Vienne* (*Limoges*), *à préfet de la Vienne* (*Poitiers*).

« Pression 755 Copenhague.
» 760 Christiansund, Cherbourg, Biarritz, Florence.
» 765 Thursoe, Valentia, Madrid.

« La dépression, dont le centre était resté hier à l'entrée de la Manche, a traversé le nord de la France et s'étend de l'Alsace au Danemark. Les vents d'entre sud et ouest persistent sur le nord-ouest de la France, tendant à tourner au nord. Le froid et la pluie vont continuer. »

Avec ces données, les commissions de Limoges et de Poitiers ont pu construire la carte météorologique, la plus faible pression se trouvant à Copenhague, et la pression 760 passant par Christiansund, Cherbourg, Biarritz, Florence. A l'aide de cette carte, à l'aide des conclusions générales ajoutées par l'Observatoire de Paris et des études faites par les commissions locales sur leur baromètre ont été rédigés les avis qui ont été immédiatement répandus dans la Vienne et la Haute-Vienne. « Les courbes que nous avons tracées, écrivait M. le président de Touchimbert, se sont trouvées complétement d'accord avec celles du *Bulletin international* que nous avons

reçues le lendemain, et ainsi tout a parfaitement marché. »
Il en a été de même les jours suivants.

Citons encore la dépêche envoyée le 7 mai aux départements :

« Pression 752 Palerme.
» 755 Naples, Florence, Perpignan, Madrid.
» 760 Moscou, Berne, Limoges, Bordeaux.
» 765 Pétersbourg, Paris, Lorient.
» 770 Helsingfors, Le Helder, Greencastle.
» 775 Hernösand, Skudesness.

« Tandis que les pressions sont très-élevées en Suède, où le baromètre a monté de 10 millimètres, elles sont basses au contraire vers Palerme, où la baisse a été encore de 5 millimètres. »

« Sous cette double influence, l'air s'écoule des régions septentrionales de l'Europe vers le bassin méditerranéen, et par suite les vents d'entre nord et est vont continuer à dominer, amenant un ciel généralement beau et des températures peu élevées. »

On voit par ces exemples sur quelle vaste échelle se passe l'ensemble des phénomènes météorologiques dont dépendent la direction et la force des vents dans nos climats. On comprend dès lors la résistance qu'on a dû opposer à des projets d'une organisation insuffisante à l'aide de laquelle on ne serait arrivé qu'à des résultats inexacts, compromettant l'organisation du nouveau service et les intérêts des populations agricoles.

Nouvelle-Calédonie. Nouméa, 25 mars 1876. — Les dégâts occasionnés pas le cyclone du 23 février (*) sont réparés partout. Le bureau de la Dombéa a été ouvert le 11 mars, et celui de l'île Nou, le 15 du même mois.

Les 16 et 17 mars a eu lieu à Nouméa la première exposi-

(*) Voir *Annales*, même tome, page 300.

tion coloniale de la Nouvelle-Calédonie. Le service télégraphique y a participé en établissant une annexe sous la verandah des bureaux, qui a 27 mètres de long. Le gouverneur de la colonie a fait lui-même l'inauguration de cette annexe, qui a été ouverte au public pendant deux jours : le chef de service a reçu les félicitations du gouverneur et du président du jury.

Nouméa, 21 avril 1876.

Les travaux ont commencé sur la côte ouest entre Bouraï et le Diahot (340 kilomètres).

Cochinchine. — Saïgon, 28 juin 1876. La ligne de Cantho à Sockang vient d'être terminée. Cette ligne, qui est le prolongement de celle de Longxuyen à Cantho, suit également le bord du Bassac (bras du Mékong). Dans une partie du parcours, la végétation vierge qui borde la rive n'a pas permis de continuer la plantation des poteaux. La suspension du fil aux arbres même présentant des inconvénients, on a cherché un nouveau genre de construction dont il sera ultérieurement rendu compte.

Une révolution vient d'éclater au Cambodge. Un frère du roi, prisonnier à Siam depuis longtemps, a réussi à s'évader et cherche à soulever les populations contre son frère, promettant la diminution des impôts et la suppression des abus. Le roi régnant appelle autour de lui tous les contingents de son royaume. Ces événements rendent très-difficiles la surveillance des lignes du Cambodge.

Le navire l'*Agnès*, appartenant à la compagnie *Eastern Australasian and China Telegraph*, venu dernièrement à Penang pour réparer le câble de Madras, a dû renoncer à cette opération en raison de l'état tourmenté de la mer. Il est retourné dans l'archipel de la Sonde pour tenter de nouveau le rétablissement du câble de Java en Australie.

Le câble de Singapore à Batavia vient encore d'être interrompu.

L'*Engineering* du 14 juillet publie la liste des récompenses décernées par le Conseil de l'*Institution des ingénieurs civils* (de Londres) pour les communications originales les plus remarquables reçues par l'Institution pendant la dernière session. Au nombre des sujets proposés par le Conseil se trouvait la transmission pneumatique des dépêches.

Un prix Telford a été accordé à *M. Charles Bontemps*, pour son mémoire intitulé : « Expériences sur le mouvement de l'air dans les tubes pneumatiques. »

Un prix Telford a été également accordé à *MM. Richard Spelman Culley* et *Robert Sabine*, pour leur mémoire sur « la transmission pneumatique des télégrammes. »

Sur le compte rendu par le ministre de l'intérieur et aux termes des rapports approuvés par le Président de la République, les médailles d'honneur dont la liste suit ont été décernées au service télégraphique.

Haute-Garonne.

M. O. 1re classe. — Loir (Charles-Jean-Madeleine), inspecteur des lignes télégraphiques; 1875 : a déployé la plus remarquable énergie pendant les inondations.

M. O. 1re classe. — Cabanes (Jean), chef surveillant des lignes télégraphiques; 1875 : s'est gravement exposé pour rétablir les communications télégraphiques coupées autour de Toulouse.

Lot-et-Garonne.

M. A. 1re classe. — Saliné (Pierre), chef surveillant des lignes télégraphiques à Agen;

M. A. 1re classe. — Saint-Martin (Jean), surveillant de 1re classe des lignes télégraphiques à Agen; 1875 : ont rivalisé de courage et de dévouement pendant les inondations.

Hérault.

M. O. 1re classe. — Pouget, inspecteur divisionnaire des lignes télégraphiques; janvier 1876 : s'est particulièrement

distingué en organisant le rétablissement des communications télégraphiques.

M. O. 1re classe. — Figaret, inspecteur des lignes télégraphiques; janvier 1876 : a dirigé les brigades des travailleurs envoyés pour relever les poteaux abattus par la tourmente et a donné à tous l'exemple en passant plusieurs jours et plusieurs nuits dans la neige.

M. A. 2e classe. —Brusson (Émile), chef de station des lignes télégraphiques ;

M. A. 2e classe. — Jeanjean (Jacques-Antoine), surveillant de 1re classe;

M. A. 2e classe. — Bastide (Jacques), surveillant de 2e classe;

M. A. 2e classe. — Caldier (Antoine-Jules), surveillant de 2e classe; janvier 1876 : se sont fait remarquer dans les mêmes circonstances par leur zèle et leur dévouement.

M. Bellangreville, employé en congé au Puy, a obtenu une médaille d'argent au concours régional de cette ville.

M. Bellangreville avait exposé : 1° un appareil permettant de calquer à travers une feuille de papier grand aigle; 2° et un planisphère céleste mobile perfectionné.

3669 Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière et Ce, rue Racine, 26.

ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1876 — Septembre-Octobre

LE TÉLÉGRAPHE AUTOMATIQUE DE SIR CH. WHEATSTONE.

Le télégraphe automatique Wheatstone est un télégraphe à composition préalable, donnant l'impression des dépêches en signaux de l'alphabet Morse. Comme tout appareil de ce genre, il se compose essentiellement de trois instruments destinés : le premier à la *préparation des dépêches*, le second à leur *transmission automatique*, le troisième à leur *réception*. Ce sont le *perforateur*, le *transmetteur* et le *récepteur*.

Perforateur. — Les dépêches sont préparées sur des bandes de papier que l'on perce, à l'aide du *perforateur*, de trous ronds disposés suivant trois lignes parallèles aux bords de la bande, et convenablement groupés de manière à reproduire sur le récepteur les trois éléments, *point*, *trait*, *intervalle*, de l'alphabet Morse.

Le perforateur est muni de trois touches en fer agissant sur des poinçons ou emporte-pièce au nombre de cinq, disposés dans l'ordre suivant :

1
2 4
3 5

Les poinçons 1, 3, 5 percent des trous un peu plus gros que ceux produits par les poinçons du milieu 2 et 4. — En frappant sur la touche de gauche, on agit sur les poinçons 1, 2 et 3 qui percent le papier de trois trous placés sur une même ligne verticale O o O et destinés à la formation du *point*. En frappant sur la touche de droite, on agit sur les poinçons 1, 2, 4 et 5 qui percent quatre trous destinés à la production du *trait*. Le trou situé sur la rangée inférieure se trouve placé obliquement par rapport à celui de la rangée supérieure O o o O.

Enfin, en frappant sur la touche du milieu, on agit seulement sur le poinçon 2, et l'on obtient au milieu de la bande un petit trou destiné à l'espacement des signaux. Les deux rangées de trous voisines des bords de la bande servent à régler l'émission des courants électriques, alternativement positifs et négatifs ; la rangée du milieu, composée de trous plus petits, forme simplement une crémaillère qui fait avancer la bande quand elle engrène avec une roue dentée. Pour faciliter l'entraînement, et obtenir aussi une perforation plus nette, on emploie à cet usage un papier-bande ayant subi une préparation spéciale à l'huile de lin ou d'olive et présentant une apparence parcheminée. Grâce à l'huile dont il est imprégné, ce papier empêche les poinçons qui le traversent de

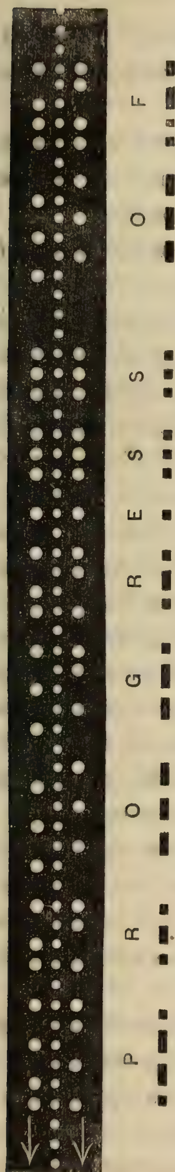


Fig. 1.

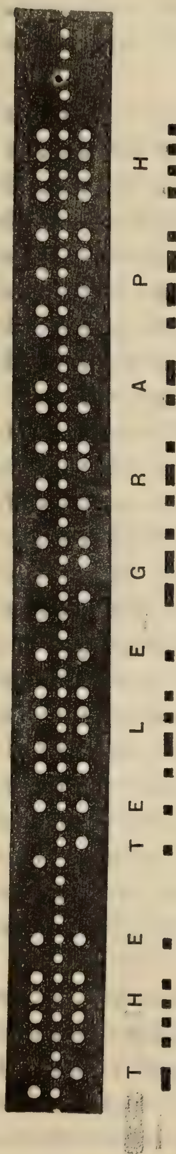


Fig. 2.

se rouiller, inconvénient qui se produirait si l'on employait le papier ordinaire, toujours un peu hygrométrique.

Les figures ci-contre donnent un spécimen de bande perforée et des signaux obtenus sur le récepteur et correspondant aux trous de la bande.

Transmetteur. — Placée ensuite sur le *transmetteur*, la bande perforée y détermine l'ordre et la succession des courants électriques par un artifice analogue au mécanisme des métiers à la Jacquard. Un balancier, animé d'un mouvement oscillatoire rapide, imprime un mouvement alternatif, dans le sens vertical, à deux aiguilles fixées chacune à l'extrémité d'un levier coudé; ces aiguilles, en s'élevant, rencontrent la bande perforée, qui se déroule au-dessus d'elles dans un plan horizontal; l'une des aiguilles la rencontre suivant la rangée de trous antérieure, l'autre suivant la rangée de trous postérieure, et leur mouvement ascendant continue ou est arrêté, suivant que le papier leur présente un trou ou un plein. Le signal commence à se produire quand l'aiguille postérieure traverse un trou de la rangée postérieure, et cesse quand l'aiguille antérieure rencontre à son tour un trou de la rangée antérieure.

Enfin, les leviers coudés font osciller un inverseur de pile, qui, agissant comme un manipulateur à inversion de courant, met alternativement le pôle cuivre et le pôle zinc de la pile en communication avec la ligne et la terre.

Par ce moyen, les contacts sont parfaitement assurés, et on élude les difficultés auxquelles donne lieu l'emploi de la bande perforée dans les appareils à composition préalable du système de Bain.

Le mécanisme électrique du transmetteur est disposé

de manière à fournir, soit une *transmission à double courant permanent* (la ligne pendant les intervalles étant continuellement occupée par un courant de sens contraire à celui qui produit les signaux); soit une transmission par *courants de courte durée, égaux et alternés* (l'un déterminant la formation du signal, l'autre sa cessation); soit une transmission *avec courants de compensation*. L'emploi des courants alternés de courte durée ramène les conditions électriques de la transmission à celles de *la transmission d'une série de points;* l'emploi des courants de compensation à celles d'*une série de points à intervalles égaux.* On remédie ainsi aux inconvénients résultant de l'inégalité de durée des signaux et des intervalles dans les transmissions rapides sur les longues lignes par le système Morse ordinaire.

Récepteur. — Le *récepteur* est à électro-aimant polarisé; par suite, quand aucun courant ne traverse les bobines, l'armature reste dans la position où elle a été placée par le dernier courant reçu. Ses mouvements correspondront donc exactement aux changements de position de l'inverseur dans l'appareil transmetteur. Les signaux sont imprimés sur la bande par une petite molette encrée que le mouvement d'horlogerie fait tourner, mais qui suit en même temps les déplacements de l'armature.

Pour compléter l'énumération des instruments qui entrent dans le système rapide de Wheatstone, il nous reste à citer deux instruments accessoires : *le manipulateur à courants inversés*, et *l'appareil pneumatique.*

Le manipulateur à courants inversés permet de substituer la transmission manipulée à la transmission automatique; on s'en sert spécialement pour vérifier la ligne

et pour l'échange des communications de service qu'il serait trop long de composer sur une bande.

L'appareil pneumatique est destiné à faciliter la perforation dans les postes où l'on a à sa disposition un réservoir d'air comprimé. La manœuvre du perforateur ordinaire consiste à frapper avec de petits cylindres de bois ou de fer garnis d'un tampon en caoutchouc sur les touches en fer de l'instrument. Avec un appareil pneumatique, il suffit d'agir avec les doigts sur trois touches de même forme et aussi légères que les touches d'un piano; leur office se borne à faire mouvoir trois petits pistons formant soupapes, qui distribuent l'air comprimé dans un triple corps de pompe dont les pistons viennent frapper les touches en fer du perforateur ordinaire. On peut ainsi perforer du même coup jusqu'à 3 et même 4 bandes superposées, ce qui permet de fournir des transmissions de la même dépêche dans plusieurs directions.

Nous nous proposons de donner une description détaillée de ces divers instruments, en même temps qu'une explication aussi simple que possible de leur fonctionnement; dans cette étude, nous suivrons l'ordre même du travail régulier de la correspondance, c'est-à-dire la préparation de la bande, la transmission automatique ou manipulée et la réception.

Nous aurons donc à examiner successivement :

I. Le perforateur, et accessoirement l'appareil pneumatique,
II. Le transmetteur,
III. Le manipulateur,
IV. Le récepteur.

Nos détails, en ce qui concerne notamment les organes électriques, se rapporteront plus spécialement au type d'appareil le plus récent, lequel peut à volonté servir à l'échange des transmissions simples, ou à l'emploi de la transmission simultanée en sens contraire (*duplex system*). Mais nous dirons aussi quelques mots du modèle qui l'a précédé et qui est antérieur à l'année 1873.

Nous terminerons enfin par quelques indications sur la manière d'installer les appareils et d'organiser le service.

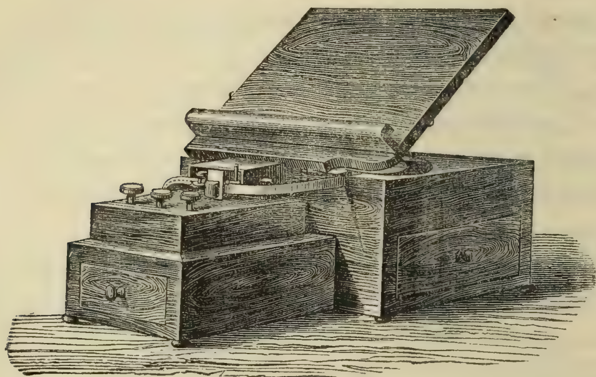
Observons dès à présent que les organes qui entrent dans la composition de ces instruments sont en général d'une construction et d'un réglage très-délicats; il importe donc, quand il y a lieu de les démonter ou de les remonter, d'apporter beaucoup de précautions dans ces opérations. On sait, en effet, que plus les pièces d'un mécanisme sont rapprochées les unes des autres, plus leur mouvement peut gagner en précision et en rapidité; mais aussi plus on est exposé aux dérangements électriques ou mécaniques.

La plupart des dessins qui accompagnent cette étude ont été relevés directement sur les appareils et mis obligeamment à notre disposition par M. Le Tual, employé de la station centrale de Paris, à qui nous offrons tous nos remercîments.

I. — Le perforateur (Pl. XI).

Le perforateur et ses accessoires sont représentés dans la figure ci-dessous. Le perforateur proprement dit consiste dans un socle en cuivre à parois épaisses, qui repose sur une caisse en bois munie d'un trou dans lequel tombent les débris de papier. Sur l'avant de ce

socle, qui a 0m,16 de long, 0m,14 de large et 0m,04 de hauteur, sont disposées les trois touches sur lesquelles



on doit frapper pour perforer la bande ; sur l'arrière, se trouve une petite boîte carrée renfermant le mécanisme perforateur lui-même, devant lequel la bande de papier se présente verticalement. Derrière l'instrument est ordinairement placé un pupitre permettant à l'opérateur de lire facilement la dépêche qu'il doit composer. Ce pupitre forme le couvercle mobile d'une grande caisse carrée en bois qui renferme un large rouet tournant horizontalement et sur lequel on place le rouleau de papier à perforer. Au-dessous se trouve un tiroir où l'on dépose les marteaux à frapper sur les touches, les bobines en bois pour enrouler le papier perforé, etc. Cette seconde caisse se relie au moyen d'un crochet à celle qui supporte le perforateur proprement dit.

Une partie de la petite boîte carrée massive, renfermant le mécanisme perforateur, s'enlève comme un couvercle ; il ne reste alors sur le socle en cuivre que la base et la face antérieure de la boîte, c'est-à-dire deux platines à

angle droit; l'une horizontale MM (*fig.* 1, Pl. XI), et l'autre verticale AA (*fig.* 2, Pl. XI), qui fait corps avec la première et n'a que $0^m,025$ de hauteur.

Sur ces platines sont fixées toutes les pièces destinées à la perforation, à savoir : les poinçons ou emporte-pièce, les plaques de perforation et le mécanisme pour l'avancement du papier. Enfin, le mouvement se communique des touches aux poinçons par l'intermédiaire de leviers à bascule placés sous le socle et terminés par des talons 1, 2, 3 (*fig.* 1, Pl. XI), arrondis extérieurement, mais présentant une face plane en regard des poinçons : ces talons s'elèvent au-dessus de la platine MM et viennent presser contre les poinçons quand on abaisse les touches correspondantes.

Poinçons ou emporte-pièce. — Les poinçons se trouvent au centre de la platine horizontale MM, entre les talons 1, 2, 3, en regard desquels ils sont placés, et la platine verticale AA. Ces poinçons, constitués par des aiguilles cylindriques horizontales en acier trempé et dont l'extrémité antérieure se termine par une section normale à arêtes vives, sont au nombre de cinq ; une pièce mobile B (*fig.* 1 *et* 3), de forme ovale, constitue leur support commun. Sa face antérieure est représentée dans la *fig.* 3. Cette pièce glisse à frottement doux sur deux guides en acier *p* et *q* qui la traversent, l'un à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure, et sont encastrés d'une part dans la plaque verticale fixe C, et d'autre part dans la platine AA où ils pénètrent sur une longueur d'un ou deux millimètres. Un fort ressort à boudin *p* (*fig.* 1), qui enveloppe ces guides dans la partie comprise entre le support mobile B et la platine AA, tend à pousser sans cesse ce support vers la plaque fixe C, et

par suite à ramener les poinçons à la position de repos, vers les talons 1, 2, 3.

La *fig.* 3, qui donne les traces des poinçons sur la plaque ovale B, montre qu'ils sont disposés l'un au-dessus de l'autre sur les deux rangées verticales numérotées 2 et 3, trois sur la rangée de gauche et deux sur la rangée de droite. Les trois premiers ont leur section à la rencontre de la verticale 2 et des horizontales α, β, γ ; les deux autres à la rencontre de la verticale 3 et des horizontales α et β.

Examinons maintenant la distribution des poinçons suivant les assises horizontales α, β, γ, et convenons de désigner chacun d'eux par l'ensemble de la lettre et du chiffre indiquant les rangées horizontales et verticales auxquelles il appartient.

Les deux poinçons de l'assise α sont identiques ; ils traversent le support B et sont munis, entre ce support et la plaque fixe C, qu'ils traversent également et qui leur sert de guide en regard des talons 2 et 3, d'un collet à base carrée contre lequel le support B est pressé par les ressorts *p* et *q*.

Dans l'assise du milieu β, les deux poinçons (β2, β3) ont un diamètre plus petit que les précédents : ils doivent fournir les trous du milieu de la bande servant à l'avancement du papier. Le poinçon de droite est muni, comme les précédents, d'un collet carré entre les plaques B et C, qu'il traverse également. Mais le poinçon de gauche (β2), au lieu de traverser librement la plaque mobile B, fait corps avec elle ; le collet dont il est muni, derrière B, a une forme rectangulaire et porte à gauche, sur la verticale 1, une goupille (β1) qui traverse C et se termine en regard du talon 1, tandis que le prolongement du poin-

çon β2, après avoir traversé librement aussi le guide C, se termine en regard du talon 2.

Enfin, à l'assise supérieure γ, on trouve un poinçon unique (γ2) de même diamètre que ceux de l'assise inférieure α. Il est muni d'un collet rectangulaire, mais s'allongeant vers la droite, tandis que le collet rectangulaire du poinçon (β2) s'allonge vers la gauche. Le poinçon γ2 traverse librement les plaques B et C et aboutit en regard du talon 2 ; et la goupille (γ3), fixée à l'extrémité droite de son collet, traverse C et se termine en regard du talon 3.

Le talon 1, comme on le verra, correspond à la touche du blanc ou intervalle ; le talon 2 à celle du point ; le talon 3 à celle du trait.

Cela posé, supposons que l'on abaisse la touche du blanc, le talon 1 pressera contre la goupille de gauche (β1) qui entraînera le poinçon β2 et la plaque mobile B avec laquelle il fait corps ; les autres poinçons se déplaceront aussi, entraînés par le frottement que la plaque B exerce sur eux, jusqu'à ce qu'ils rencontrent la bande verticale de papier placée en avant de la platine A. A ce moment, les poinçons s'arrêteront, laissant glisser le support B qui continuera sa marche sous la pression du talon 1, entraînant seulement le poinçon β2, avec lequel il est solidaire et qui percera un petit trou au milieu de la bande de papier.

Abaissons la touche du point, le talon 2 pressera les trois poinçons de la rangée verticale 2 et entraînera également les autres en poussant B; mais à la rencontre de la bande, les poinçons de droite s'arrêteront ; les trois poinçons de gauche seuls, contre lesquels appuie le talon 2, perceront le papier d trois trous sur une même verticale.

En abaissant la touche du trait, le talon 3 poussera les poinçons $\alpha 3$, $\beta 3$ et la goupille $\gamma 3$. Il fera donc pénétrer dans le papier le poinçon d'en haut $\gamma 2$ par l'effet de la goupille, le poinçon $\beta 2$, solidaire du déplacement de B, et les poinçons $\beta 3$ et $\alpha 3$, sur lesquels il agit directement. Seul, le poinçon $\alpha 2$, ne subissant pas la pression, s'arrêtera contre le papier. Les quatre autres perceront deux trous au milieu, un trou inférieur à droite et un trou supérieur à gauche.

La longueur de bande perforée comprise entre le commencement d'un trait et le commencement du signal suivant étant double de celle qui sépare le point du signal suivant, il est clair qu'après la perforation d'un trait, la bande devra avancer d'une longueur double de celle dont elle avance après la perforation du point.

Pour dégager les poinçons des trous qu'ils ont produits, dans le cas où ils y resteraient engagés accidentellement, il suffit d'appuyer sur la tige T^1 placée à la droite des talons. Cette tige, pressant contre un bras du levier L, soulève l'autre bras dont l'extrémité rencontre la plaque B et la ramène en arrière avec les poinçons qu'elle supporte.

Plaques de perforation. — Les deux plaques de perforation entre lesquelles passe la bande de papier à perforer sont placées verticalement en PP′, en avant de la platine AA (*fig.* 2), contre laquelle elles sont fixées par les deux vis VV′ et qui est percée dans cette partie pour livrer passage aux poinçons. Deux chevilles O, O′, placées à peu près en diagonale, achèvent d'assurer leur position exacte. Ces plaques en acier trempé sont percées de cinq trous, avec bords à arêtes vives, placés en regard des cinq poinçons, et par suite se correspondant entre eux. Les cinq trous sont donc ainsi disposés : un en haut et deux en bas, tous les trois de même dimension, et deux autres

plus petits au milieu. Les deux plaques sont percées chacune, sur la ligne de ces deux derniers trous, d'une fente K destinée à laisser passer les dents de la roue *r* (*fig.* 1) qui entraîne le papier perforé. Elles ont respectivement $0^m,0015$ d'épaisseur ; l'espace qu'ont à parcourir les poinçons quand ils sont poussés par les talons est donc de $0^m,003$.

Les trous doivent avoir exactement le même diamètre que les poinçons placés en regard d'eux : sans cela, on n'obtiendrait qu'une déchirure imparfaite au lieu d'une perforation bien nette. Il en résulterait une transmission défectueuse, et de plus, les aiguilles du transmetteur, qui doivent traverser les trous, seraient gênées par les débris de papier qui tomberaient au passage de la bande au-dessus d'elles. Enfin, le mouvement des poinçons d'arrière en avant doit s'effectuer bien horizontalement, et il importe qu'ils pénètrent jusqu'à la plaque de perforation antérieure, de façon à faire tomber la rondelle de papier détachée dans un petit trou placé à l'intérieur d'un cylindre de cuivre vertical fixé sur le socle par deux vis, et qui s'applique contre les plaques de perforation par une section droite parallèle à l'axe.

Les deux plaques sont séparées l'une de l'autre par deux feuilles minces de métal placées en haut et en bas, qui laissent libre seulement l'espace nécessaire au passage du papier. Leur côté droit est taillé en biseau pour que la bande pénètre plus facilement entre elles.

Avancement du papier. — Le mécanisme pour faire avancer le papier est commandé par un levier horizontal hh_1 (*fig.* 1). Au point h' de celui-ci pivote un levier coudé *a* sur lequel est articulé un cliquet E, de forme particulière, qui fait tourner une roue dentée horizon-

tale *r*, dont les dents s'engagent dans les trous du milieu de la bande perforée.

En même temps que les talons pressent contre les poinçons, ils doivent agir sur le levier hh_1. A cet effet, la face plane qu'ils présentent aux extrémités des poinçons est munie, dans le voisinage de la platine (à 0m,01 de leur sommet), d'une entaille dans laquelle passe le levier hh_1, qui peut recevoir un déplacement horizontal autour de la borne conique *h* fixée à la platine M par une vis qui la traverse.

Il se termine par une partie recourbée h_1 qui contourne la vis d'arrêt *i*, et appuie par son extrémité contre une entaille pratiquée dans la tige T qui limite son mouvement en arrière. Le levier coudé *a* est articulé en *h'*; il appuie par son coude sur la vis *i*, qui lui sert ainsi de pivot, quand le levier hh_1 pressé par un talon, pousse son petit bras. Son grand bras *a* s'écarte alors angulairement vers la gauche et éloigne le cliquet E de la roue *r*. S'il n'y a pas de papier engagé dans les plaques de perforation, la roue tourne à gauche, en même temps que le cliquet s'éloigne dans cette direction ; puis, quand le talon revient au repos, le ressort antagoniste R, qui agit par le crochet *d* sur les leviers hh_1 et *a*, rappelle le bras *a* à sa position primitive, ainsi que le cliquet, qui fait alors tourner la roue en sens contraire. Mais si la bande de papier est engagée, elle arrête la roue qui ne peut plus suivre le cliquet dans son mouvement vers la gauche ; puis, quand le cliquet revient sur la droite à sa position normale, une dent de la roue s'est engagée dans le trou du milieu qui vient d'être percé ; elle tourne alors sous l'action du cliquet vers la droite, et par suite entraîne vers la gauche la bande de papier dont le trou est diamétralement opposé au cliquet.

La force avec laquelle le cliquet fait tourner la roue *r*, et opère l'avancement du papier, se règle par la tension du ressort antagoniste R. La base de ce ressort, comme le montre la *fig.* 1, est taillée en biseau et maintenue par deux vis qui servent au réglage.

Dans sa position de repos, le cliquet s'appuie contre une vis-arrêt F fixée sur un petit bloc de cuivre relié lui-même à la platine par deux vis, permettant un léger déplacement du bloc pour le réglage. Enfin, le cliquet est guidé dans ses mouvements par le galet *g* porté par un ressort plat vertical fixé sous le massif. Ce ressort presse le galet contre le cliquet, qui presse lui-même la roue dentée contre le papier.

Quand le cliquet est au repos, il importe que sa vis d'articulation soit environ à 1 millimètre du galet *g*, de manière qu'elle n'appuie pas sur la jante de ce dernier; car, la position du ressort ne permettant pas au galet de se déplacer dans cette direction, la roue dentée n'achèverait pas le mouvement qu'elle doit faire pour tourner de l'angle correspondant à un intervalle : il en résulterait que l'espacement des trous du papier serait irrégulier et, par suite, la transmission défectueuse.

Nous avons vu que, quand on abaissait la touche du trait, la bande de papier devait avancer d'un intervalle double de celui qui correspond à la touche du point ou à celle du blanc. Ce résultat est obtenu de la façon suivante.

Lorsqu'on abaisse la touche du blanc ou celle du point, c'est-à-dire que l'on presse sur les leviers correspondant aux talons 1 et 2, le mouvement du cliquet vers la gauche est limité par le bec d'un levier recourbé *b* qui est articulé à son extrémité de droite sur une tige qui traverse la platine M. Cette tige se recourbe sous le

socle et est fixée par un ressort plat et une goupille au levier de droite, c'est-à-dire à celui qui correspond à la touche du trait. L'axe de suspension du levier *b* est maintenu entre la platine et un petit pont fixé sur cette même platine. A la gauche de cet axe le levier se recourbe vers le haut, de manière à passer au-dessus des poinçons ; il se termine par un bec derrière l'articulation du cliquet.

Dans ces conditions, quand on fait un blanc ou un point, la bande n'avance que d'un intervalle ; mais si l'on abaisse la touche du trait, ce levier d'arrêt *b* est soulevé par l'action de la tige articulée qui le relie au levier du trait, le cliquet parcourt alors un arc de cercle double du premier, et sa course est limitée seulement par le butoir fixe F′. En revenant à sa position primitive, il fait tourner la roue *r* de deux dents au lieu d'une seule et, par suite, le papier avance de deux intervalles.

La roue horizontale *r*, munie de dix dents rondes, est identique à la roue qui, dans le transmetteur, sert également à l'entraînement du papier. Son axe vertical est placé entre les deux bras d'une chape à bascule qui occupe un évidement pratiqué dans la partie gauche de la platine AA, recouvert extérieurement par une plaque de cuivre ajustée J (*fig.* 2), tenue par deux vis, et pénétrant d'un millimètre sous les plaques de perforation.

C'est sur la face intérieure de cette plaque J qu'est fixée la chape à bascule de la roue *r*. L'une des faces de cette chape est arrondie et percée de deux trous dans lesquels pénètrent des goupilles, autour desquelles elle peut basculer sur sa face arrondie. Elle est d'ailleurs maintenue par un ressort plat dans sa position normale, qui est celle où les dents pénètrent jusqu'à la seconde

plaque de perforation, pour qu'elles puissent s'engager dans les trous du milieu de la bande.

La roue *r* faisant ainsi saillie dans le passage de la bande de papier, il devient nécessaire, pour introduire la bande dans l'appareil, de faire reculer un peu cette roue. Il suffit pour cela de presser la tige T, dont l'extrémité appuyant sur la chape de la roue dentée, la fait basculer, en même temps que l'entaille dont cette tige est munie et dans laquelle est engagée l'extrémité recourbée h_1 du levier hh_1, soulève le cliquet E comme si le levier hh_1 était pressé par un des talons.

Ainsi, du même coup, on dégage le cliquet et l'on donne à la roue dentée un recul suffisant pour que le papier puisse passer sans toucher les dents.

En avant de la platine A et un peu à droite des plaques de perforation (*fig.* 1 et 2), se trouve un guide-papier *uu*, destiné à maintenir la bande dans une position bien fixe pendant la perforation. C'est un levier d'acier mobile dans un plan vertical, autour d'une petite goupille horizontale *e* qui lui sert d'axe. La chape qui supporte cette goupille est vissée sur la platine M ; un ressort R′ soulève le levier *u* qui fait remonter la bande de papier jusqu'à ce que le bord supérieur de celle-ci soit arrêté par une vis S, placée exactement à la même hauteur que la partie évidée des plaques de perforation : de cette façon les trous du papier sont toujours à la même distance de son bord supérieur, ce qui est indispensable pour qu'ils se trouvent toujours aussi à la portée des aiguilles du transmetteur.

On abaissera ce levier à la main, en même temps qu'on pressera légèrement sur la tige T, pour introduire le papier entre les plaques de perforation.

Un petit rouleau de bois, vissé sur un bras de levier

porté lui-même par une tige munie d'un ressort en spirale et fixée sous le socle, sert à diriger le papier presque sans frottement à son entrée entre les plaques.

Leviers. — Les leviers à bascule qui communiquent le mouvement des touches aux poinçons sont placés dans un même plan horizontal sous le socle de l'appareil. Chacun de ces leviers en acier se termine sous la touche qui lui correspond par un crochet dans lequel entre la tige d'un piston qui traverse le socle et dont la tête ronde et large, qui forme la touche, est garnie sur sa face inférieure d'un tampon de caoutchouc pour amortir le bruit. Dans l'intérieur du socle, les tiges traversent une plaque en cuivre horizontale, au-dessous de laquelle elles se terminent par un pas de vis muni d'un écrou garni de drap. Cet écrou permet de régler la course du piston, et, par suite, la distance qui doit séparer au repos les talons des poinçons placés devant eux. Un ressort en spirale entoure les tiges dans la partie comprise entre le crochet du levier et la plaque de cuivre inférieure, et ramène les leviers dans la position de repos quand on cesse de presser sur les touches.

Les leviers vont en convergeant des touches à l'axe commun de suspension qui les traverse, et à partir duquel ils se recourbent de bas en haut, pour présenter leurs talons au-dessus de la platine horizontale. Le levier de gauche (point) et le levier droite (trait) sont rectilignes jusqu'à l'axe de suspension ; mais le levier du milieu (blanc), avant d'arriver à cet axe, se recourbe vers le bas afin de croiser le levier de gauche ; en sorte que, sur l'axe de suspension, c'est le levier du milieu ou levier du blanc qui se trouve le plus à gauche, et que les talons se présentent dans l'ordre suivant à partir de la gauche : le talon 1 correspond au levier du milieu ou

levier du blanc ; le talon 2 correspond au levier de gauche ou levier du point ; le talon 3 correspond au levier de droite ou levier du trait. Les leviers ne sont séparés que par de minces rondelles d'acier traversées par l'axe de suspension, lequel est maintenu dans un massif de cuivre par un écrou vissé à chacune de ses extrémités. On peut retirer l'axe en le déplaçant latéralement, après avoir dévissé le bloc qui le porte.

C'est au levier de droite ou levier du trait qu'est fixée la tige qui commande le levier *b* destiné à limiter l'écartement du cliquet E.

On remarque que le levier *du blanc*, qui vient croiser le levier du point, se trouve par le fait plus long et plus faible que les deux autres : ce levier, en effet, n'a qu'un poinçon à enfoncer, tandis que les deux autres doivent percer trois ou quatre trous et, par suite, avoir plus de force et agir le plus directement possible.

Manipulation. — La manipulation s'effectue en frappant sur les touches avec de petits cylindres ou marteaux en bois ou en fer, que l'on tient serrés dans la poignée de chaque main. La face du cylindre qui frappe contre les touches est garnie d'un tampon de caoutchouc. Le coup doit être porté vivement et le marteau doit être relevé aussitôt après, afin que le piston remonte rapidement sous l'action de son ressort. Une personne exercée peut aisément perforer 25 à 30 dépêches simples (c'est-à-dire de 20 mots plus le préambule, soit environ de 30 mots en tout) à l'heure.

Avant de commencer la perforation des signaux d'une dépêche, on doit avoir soin de frapper plusieurs coups sur la touche du blanc en tirant légèrement à la main la bande de papier, de droite à gauche, afin que les dents de la roue dentée entrent régulièrement dans les trous

du milieu de la bande, qu'elles doivent ensuite entraîner.

Entretien du perforateur. — Les platines qui supportent le mécanisme de perforation doivent, pendant le travail, être protégées par leur couvercle. Ce couvercle est retenu par trois goupilles placées sur le bord des platines et par les deux tiges T et T', qui le traversent, et, de plus, par une goupille à ressort qui pénètre dans un trou pratiqué dans l'épaisseur de la paroi de droite. Le ressort de la goupille est placé sous le socle; il faut avoir soin de l'abaisser, quand on veut enlever le couvercle.

Les poinçons et les plaques B et C sont assez difficiles à replacer quand l'appareil a été démonté ; quand cette partie de l'instrument aura besoin d'être nettoyée ou réparée, on pourra procéder comme il suit pour remonter les poinçons.

Les platines AA et MM étant enlevées de la boîte, et la plupart des pièces qu'elles portent étant démontées, il faut prendre ces platines d'une main, en tenant MM verticalement sur AA, ensuite placer successivement et de haut en bas la tige inférieure puis la tige supérieure avec leurs ressorts, en les faisant entrer d'abord dans la plaque de cuivre ovale B, avec laquelle fait corps déjà un des poinçons. Les deux tiges et ce poinçon étant placés et maintenus fortement avec les doigts, on fait entrer les poinçons, l'un après l'autre et en les tenant toujours verticalement, dans la plaque de cuivre, puis dans les plaques de perforation. Cela fait, on continue à les presser tous ensemble avec le doigt, et il est facile alors de poser la plaque C. Dès que les goupilles et les poinçons y sont entrés, cette plaque se trouve maintenue par son équerre de cuivre, qui est munie de deux

pieds et qu'on visse immédiatement; les autres pièces démontées se replacent ensuite sans difficulté.

On peut aussi retenir la plaque de cuivre B au moyen d'un fil fin attaché à la platine AA.

Une observation générale concernant les ressorts qui, soit dans le perforateur, soit dans les autres appareils, sont réglés au moyen de deux vis placées de chaque côté d'un biseau : il faut avoir soin de ne jamais serrer l'une des vis avant d'avoir desserré l'autre, sinon le ressort se casserait infailliblement.

Enroulement des bandes. — Le papier perforé est enroulé sur de petites bobines en bois que l'on place sur le transmetteur. Cet enroulement se fait à l'aide d'un rouet à main en cuivre, dont le pied se fixe sur la table à l'aide de deux vis. Il consiste en une roue à manette, dont la circonférence fait tourner par frottement un petit galet en caoutchouc qu'un écrou maintient à la base d'une tige conique, qui tourne avec le frotteur et pénètre dans la bobine, à laquelle elle sert d'axe.

Lorsque la bande sort des plaques perforées, elle porte ou bien des trous au milieu, formant la crémaillère qui détermine son entraînement aussi bien sur le perforateur que sur le transmetteur, ou bien trois trous percés verticalement, ou bien quatre trous, dont deux placés obliquement, un en haut à gauche, un en bas à droite, et deux petits trous au milieu, en regard des deux autres. Dans les deux derniers cas, le trou supérieur est destiné à produire l'émission positive, et le trou inférieur l'émission négative. Ces trous diversement placés produisent les points et les traits : en effet, quand la bande passe sur le transmetteur, le premier trou rencontré par celle des aiguilles qui produit un signal est le trou d'en haut, et le courant cuivre va alors sur la ligne; quand le trou

inférieur se présente devant l'autre aiguille, ou bien ce trou est situé sur la normale au bord de la bande, passant par le trou supérieur, et alors le courant zinc suit immédiatement le courant cuivre, qui ne durera que le temps très court qui sépare les deux mouvements et ne produira qu'un point; ou bien il est situé obliquement par rapport au premier et, l'intervalle étant plus grand, le courant cuivre, qui a commencé le signal, durera plus longtemps, et c'est le trait qui sera produit. La bande est placée sur le transmetteur, bien à plat et tout près de la platine, de façon que les aiguilles et les dents de la roue d'entraînement entrent dans les trous par la face même de la bande par laquelle ont déjà pénétré la roue et les poinçons du perforateur.

L'Appareil pneumatique.

On rend la manœuvre du perforateur plus facile et plus prompte en remplaçant l'action des deux petits marteaux qui servent à frapper sur les pistons du perforateur par celle de l'air comprimé, qui agit comme force motrice pour opérer la perforation.

Clavier. — L'arrangement pneumatique (*fig.* 5) se compose d'un socle en bois sur lequel on place le perforateur, et d'un réservoir à air comprimé supporté par des montants de cuivre fixés sur le socle. En avant est placé un clavier de trois touches analogues à celles d'un piano et aussi légères qu'elles. Ces touches oscillent sur un axe commun qui les traverse à leur extrémité postérieure et qui est supporté lui-même par deux petites platines que l'on visse sur les parois de la boîte. Chacune d'elles se relève par l'effet d'un ressort antagoniste placé en dessous, et porte vers son milieu, sur un ressort-

lame, la tige du piston P (*fig.* 5), placé à la partie supérieure et formant soupape. La course des touches est limitée, en haut et en bas, par les parois de la boîte elle-même.

A l'intérieur du socle se trouve un axe terminé extérieurement, à droite, par un gros bouton de cuivre qui se visse fortement sur lui. Il porte et entraîne un long tube de cuivre, qu'il traverse dans toute sa longueur; l'axe et le tube sont rendus solidaires l'un de l'autre par une goupille qui pénètre dans l'épaisseur de chacun d'eux. Aux deux extrémités du tube sont soudées deux plaques circulaires de cuivre garnies de caoutchouc, agissant comme excentriques et destinées à soulever le perforateur et à rapprocher les têtes des pistons de l'extrémité inférieure des tiges des pistons P′, qui doivent venir frapper sur les pistons du perforateur lui-même.

Nous avons, en résumé, trois séries de trois pistons : une série appartenant au perforateur, et deux autres correspondant à celle-ci et dépendant de l'appareil pneumatique; la série de pistons P formant soupape, et la série de pistons P′ pour agir sur ceux du perforateur.

La plupart des pièces sont garnies de caoutchouc, soit pour amortir le choc, soit pour diminuer le bruit, soit pour empêcher les fuites d'air.

Réservoir à air. — Le réservoir à air comprimé se compose de deux parties : une d'elles, formée d'un seul bloc de cuivre très-épais, est portée par les montants dont nous avons parlé et vissée sur eux. Cette première boîte est divisée en deux compartiments : le premier, R, situé en avant et dans le haut, est formé d'un long tube terminé, à chaque extrémité et extérieurement en O, par un pas de vis sur lequel on fixe, d'un côté ou de l'autre, à volonté, soit un écrou formant bouchon, soit l'amorce

du conduit qui amène l'air comprimé. Ce tube est percé seulement de trois trous *a*, en regard de la boîte des pistons P.

Le second compartiment, R', est la chambre où arrive l'air comprimé qui doit enfoncer les pistons P' et les faire presser sur les pistons du perforateur M. Il comprend trois cylindres en verre épais, indépendants les uns des autres et mastiqués dans le bloc de cuivre. Chaque cylindre ou corps de pompe est percé, dans sa partie supérieure, d'une fente *b* correspondant à une ouverture pareille faite sur la boîte des pistons P. A sa partie inférieure, en avant et en arrière, une fente laisse pénétrer l'air extérieur autour de la tige du piston P' : sans cela, il se produirait dans cette partie du corps de pompe une raréfaction de l'air qui entraverait le mouvement des pistons P'. Ceux-ci sont formés : 1° d'une grosse tige cylindrique creuse, munie, en haut et en bas, d'un tampon de caoutchouc ; celui d'en haut arrête la tête du piston un peu au-dessous de l'ouverture *b*, par où l'air comprimé doit entrer ; celui d'en bas frappe sur le perforateur ; 2° d'une rondelle de cuir serrée entre deux pièces de cuivre. La partie inférieure de la tige est entourée d'un ressort en spirale qui fait remonter le piston et le maintient dans sa position de repos.

Chambre des pistons. — La chambre des pistons P, fixée par deux pieds et deux vis sur le réservoir à air, est en avant de l'appareil. Elle consiste en un bloc de cuivre dans lequel sont encastrés trois corps de pompe, en cuivre également, dans lesquels se meuvent les pistons P. Chaque corps de pompe est percé, dans le haut, d'un trou situé en face de l'ouverture *a* du réservoir R, et, dans le bas, d'une série circulaire de trous en regard de l'ouverture *b* du réservoir R'. Ces derniers communiquent

entre eux par un espace ménagé entre le tube et le bloc qui le porte.

Le piston P est un cylindre d'ébonite terminé à ses deux extrémités par un bourrelet dont l'épaisseur est à peu près égale au diamètre des trous devant lesquels il passe. L'écartement de ces rebords est égal à la distance qui sépare la paroi supérieure du trou *a* de la paroi inférieure du trou *b*, ces deux trous devant communiquer entre eux par l'espace laissé libre autour du piston. Celui-ci est garni intérieurement d'un petit tube de cuivre plus étroit en haut qu'en bas, ce qui lui permet de s'appuyer sur un épaulement de la tige qui le porte; l'extrémité de cette tige est un pas de vis sur lequel s'ajustent et se serrent deux petits écrous carrés en cuivre. Ce piston remplit l'office du *tiroir* dans les machines à vapeur. Enfin une plaque de cuivre en dessus et une plaque de zinc en avant recouvrent l'appareil.

Fonctionnement. — La figure 6 donne une idée théorique du jeu des différentes pièces : l'air comprimé entre par l'ouverture O dans la chambre R. Le piston P étant au haut de sa course, la pression de l'air qui passe par *a* contribue à le maintenir dans cette position, car le bourrelet inférieur ferme la communication avec l'ouverture *b*; mais dès qu'on abaisse l'une des touches du clavier, celle-ci entraîne la tige du piston correspondant, et ce dernier laisse libre l'ouverture *b*, sans pouvoir boucher l'ouverture *a* ni descendre au-dessous de cette ouverture. L'air comprimé passe donc du réservoir R en *a*, de là en *b*, puis dans le corps de pompe R′, où il donne une forte impulsion au piston P′, qui descend et va frapper la tête de celui des pistons du perforateur qui est placé au-dessous de lui. La touche est-elle abandonnée à elle-même, aussitôt tout remonte : la touche et le piston P′ par la force

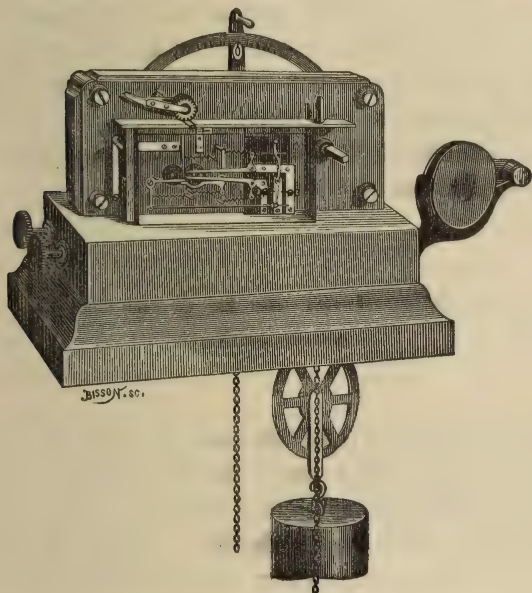
des ressorts qui les commandent, et le piston P par l'action de la tige qui le porte et de l'air du réservoir R. La petite quantité d'air comprimé qui peut rester encore en R′ s'échappe par l'ouverture *b*, qui est alors au-dessous du piston P.

Entretien. — L'entretien de cet instrument se réduit à tenir hermétiquement fermées, au moyen de caoutchouc, les parties qui doivent renfermer l'air comprimé, et à huiler très-légèrement la boîte du piston P′; mais il faut éviter d'huiler les pistons P. Enfin on doit graduer la pression elle-même suivant la force des ressorts de chaque instrument, de façon que les mouvements de montée et de descente s'opèrent vivement. S'il y a excès de pression, les pistons remontent plus difficilement et le perforateur fonctionne mal; si la pression est trop faible, la perforation risque d'être incomplète. La pression des doigts sur le clavier doit être très-légère, les touches n'ayant d'autre office à remplir que d'abaisser les pistons jouant le rôle de soupapes, ou mieux de tiroirs, pour établir la communication de l'air entre le réservoir et les corps de pompe des pistons P′; enfin on doit relever rapidement le doigt et éviter de prolonger le contact dès que la touche est abaissée.

II. — Le transmetteur (Pl. XII, XIII et XVI).

Le transmetteur remplace, dans la transmission automatique, le manipulateur, c'est-à-dire l'instrument qui, dans la transmission à la main, détermine les émissions et les interruptions de courant. Dans le système Wheatstone, c'est le passage de la bande perforée sur le transmetteur qui règle mécaniquement la succession des courants.

La figure ci-dessous montre l'ensemble de l'appareil (ancien modèle), dont les dimensions sont environ de



20 centimètres de hauteur sur 25 de largeur et 18 de longueur. Le mouvement est donné par un poids qui entraîne une série de roues et de pignons. La bobine de bois sur laquelle est enroulée la bande perforée est placée sur un support courbe fixé à la droite de l'instrument. La bande passe de là sur un rebord en cuivre qui court tout le long de la face antérieure de l'appareil, et qui porte sur la droite un tourillon destiné à la guider. Un peu sur la gauche, ce rebord, plat partout ailleurs, présente une partie légèrement concave dans laquelle pénètre la roue étoilée dont les dents doivent engrener dans les trous formant la crémaillère percée au centre du

papier. En arrière, on voit l'arc gradué muni d'un bras mobile, servant à régler la vitesse d'entraînement de la bande et, par suite, la vitesse de transmission. Enfin, l'organe électrique, situé sur le devant de l'appareil, est placé dans une sorte de boîte dont le rebord sur lequel passe le papier forme le fond supérieur, et qui est fermée extérieurement par une glace.

Nous étudierons séparément le mécanisme de la transmission automatique et le moteur.

1° Mécanisme de la transmission automatique.

Le récepteur, qui doit recevoir les courants émis par le transmetteur, est à électro-aimant polarisé, et l'armature est réglée de manière à rester dans la position où elle a été placée par le dernier courant envoyé, tant qu'elle n'est pas ramenée en sens inverse par un courant contraire. L'organe électrique, devant remplir l'office d'un manipulateur automatique à inversion de courants, devra donc renfermer : un organe interrupteur et inverseur; un organe servant d'intermédiaire entre la bande perforée (dont les trous, placés sur les rangées extrêmes de cette bande, doivent régler la succession des courants) et le système qui produit les courants inversés; enfin, un organe servant à l'entraînement du papier. Il contient, de plus, un *commutateur* destiné à permettre de transmettre, en envoyant sur la ligne des courants alternés, soit *permanents*, soit *intermittents*, soit *compensés*.

Fonction électrique du transmetteur. — La théorie de

ces différents modes de transmission a été faite ailleurs (*); il convient d'en rappeler les conséquences :

1° *Transmission avec courants permanents.* — La transmission est alors identique à celle que produirait un manipulateur inverseur. Le courant qui donne naissance au signal dure autant que le signal qu'il produit, et le courant inverse, qui détermine la cessation du signal, dure autant que l'intervalle : en sorte que la ligne est constamment occupée par un courant. Les avantages de ce système sur la transmission simple sont : 1° le récepteur est plus sensible et, partant, la vitesse de transmission est plus grande ; 2° il n'est pas affecté par les faibles courants provenant des dérivations ou des effets d'induction dus aux autres fils de la ligne.

Mais quand on dépasse une certaine vitesse de transmission, on obtient des signaux déformés, en raison de l'inégalité des durées d'émission, soit des courants directs ou *imprimeurs*, correspondant au point ou au trait, soit des courants inverses ou *espaceurs*, correspondant à des intervalles courts ou longs. Si l'on transmet la lettre R, par exemple, c'est-à-dire un trait précédé et suivi d'un point, le point émis avant le trait sera raccourci ou disparaîtra, car le courant inverse, qui a chargé le fil dans l'intervalle précédent, neutralise, au moins en partie, le courant imprimeur. Puis le courant direct, qui produit le trait, atteint une intensité élevée à cause de la durée de l'émission, et, pendant l'intervalle court qui suit, l'intensité n'ayant pas le temps de décroître suffisamment, le point qui suivra le trait sera très-rapproché, tendra à se confondre avec lui et sera, dans tous les cas, un peu prolongé.

(*) Voir *Annales télégraphiques*, Janvier-Février 1876, p. 24 et suiv.

La lettre offrira donc l'aspect · —— — au lieu de · —— ·.

2° *Transmission avec courants intermittents.* — Ce mode de transmission permet de reproduire les signaux Morse avec des courants égaux et de courte durée. Un point est produit par un courant direct instantané, suivi aussitôt après d'un courant inverse également instantané; le trait est produit par un courant direct aussi très-court, mais ce n'est qu'après un temps suffisant pour permettre à la molette du récepteur, qui appuie contre le papier, de former le trait, qu'un courant inverse éloigne celui-ci de la bande. La longueur du signal dépend seulement du temps qui sépare l'émission du courant commençant le signal, de l'émission du courant qui le termine. La transmission est ramenée aux conditions électriques de celle d'une *série de points*.

Mais si les courants sont égaux, les intervalles de temps qui les séparent sont forcément inégaux : entre deux courants successifs, la ligne est isolée à une de ces extrémités pendant des temps inégaux et se décharge inégalement, soit par l'autre extrémité, soit par les pertes. Alors, le courant inverse qui termine le trait trouve la ligne moins chargée positivement que celui qui termine un point et le courant direct, qui termine un intervalle long, trouve la ligne moins chargée négativement que celui qui termine un intervalle court. Si l'on transmet rapidement, on obtient dans les lettres des déformations exactement inverses de celles signalées dans le système à courants permanents. Dans la lettre R, le point qui précède le trait est allongé et tend à se confondre avec celui-ci; nous avons en effet trois courants qui se succèdent rapidement : le courant imprimeur du point, le courant espaceur qui le suit, et le courant imprimeur qui commence le trait; de telle sorte que le courant espaceur

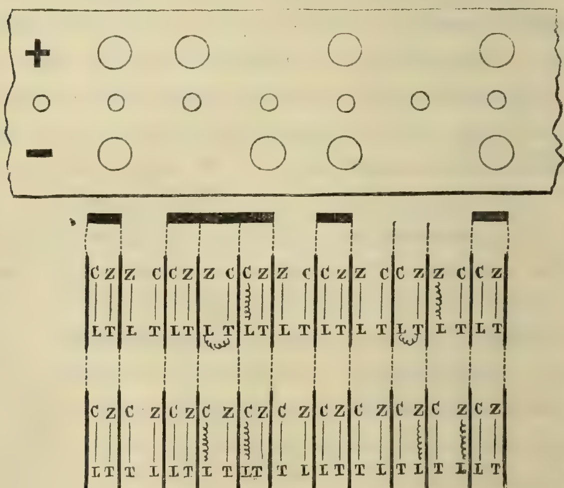
qui sépare le point du trait, et qui est négatif, se trouve entre deux courants positifs, qui tendent tous les deux à le détruire. Quant au courant positif qui commence le point qui suit le trait, il est précédé et suivi de deux courants négatifs à intervalles très-rapprochés, qui tendent également à le détruire : aussi l'intervalle entre le trait et le point qui le suit est-il allongé, et le point très-raccourci.

La lettre offre alors la forme — ——— · .

3° *Transmission avec courants compensés.* — On peut atténuer les déformations de lettres résultant dans les transmissions rapides, soit de l'emploi des courants permanents, soit de l'emploi des courants intermittents, à l'aide d'un système de compensation.

La compensation peut s'appliquer aux courants permanents comme aux courants intermittents ; mais elle opérera en sens contraire dans les deux cas, puisque les déformations sont inverses. — Si l'on veut employer des courants permanents, il faut empêcher le courant imprimeur du trait et le courant espaceur relatif à un intervalle long d'atteindre une intensité élevée : il faudra donc affaiblir ces courants dès qu'ils auront produit leur effet initial, de façon à ne pas trop charger la ligne ; pour cela, il suffira, un peu après l'émission, d'introduire dans le circuit des résistances convenablement réglées. Si la ligne offre des pertes notables, l'affaiblissement devra être peu considérable et, par suite, la résistance introduite devra être faible ; si elle est bien isolée, celle-ci devra être considérable. Le transmetteur du type le plus récent est disposé de manière à appliquer la compensation avec l'usage de courants permanents. — Si l'on emploie des courants intermittents, la ligne étant trop déchargée dans l'intervalle d'isolement qui sépare les deux

émissions inverses qui commencent et finissent, soit le trait, soit un long intervalle, on restitue à la ligne la charge qu'elle a perdue en envoyant, un peu avant le courant qui termine le trait ou l'intervalle long, un courant compensateur de même sens que celui qui a commencé ce trait ou cet intervalle. Ce courant compensateur ne sera autre que le courant qui a précédé l'intervalle d'isolement ou commencé le signal, affaibli convenablement à l'aide de résistances intercalées. Si la ligne a des pertes, la perte de charge à compenser sera assez grande, le courant compensateur devra être assez fort, et, par suite, la résistance intercalée faible. Ce sera l'inverse si elle est bien isolée. Le transmetteur du type antérieur à 1873 est disposé de manière à appliquer la compensation à l'usage des courants intermittents.



La figure montre une bande perforée de l'appareil Wheatstone, représentant les lettres R et E, séparées par

un intervalle long. Au-dessous se trouve la succession des courants qui forment ces signaux, d'abord telle qu'elle se présente dans l'ancien transmetteur, c'est-à-dire avec la ligne isolée de la pile avant d'être réunie à cette dernière par l'intermédiaire des résistances, puis telle qu'elle existe dans le modèle actuel, c'est-à-dire avec la pile reliée à la ligne d'une façon permanente, et simple affaiblissement du courant pendant les traits et les longs intervalles (intervalles de lettres).

La compensation, en définitive, fait que le courant qui termine un trait ou un intervalle de lettres trouve la ligne dans des conditions électriques peu différentes de celles dans lesquelles la ligne est placée à la fin d'un point ou d'un intervalle de signaux ; la transmission se rapproche donc de celle d'une *série de points à intervalles égaux.*

Les principes exposés permettent de régler facilement la résistance qu'il faut introduire dans le circuit au moment de la compensation pour obtenir l'effet voulu ; cette résistance devra être d'autant plus grande que la ligne est mieux isolée. Si, en transmettant rapidement la lettre R, le point qui précède le trait est trop rapproché de celui-ci, tandis que le point qui le suit est trop éloigné (– —— ·), c'est que la résistance de compensation est trop forte, que l'effet du courant permanent est trop *compensé*, ou que le *courant compensateur* du courant intermittent est trop affaibli ; car les déformations ont le caractère de celles résultant de l'emploi des courants intermittents. Il faut donc diminuer la résistance du rhéostat. Si, au contraire, le point qui précède le trait est trop écarté de celui-ci et le point qui le suit trop rapproché (· —— –), c'est que la résistance de compensation est trop faible, que l'effet du courant permanent n'est pas assez *compensé*, ou que le *courant compensateur* du

courant intermittent est trop fort ; car les déformations ont le caractère de celles résultant de l'emploi des courants permanents. Il faut donc augmenter la résistance du rhéostat intercalé dans le circuit.

Description du mécanisme transmetteur (*nouvel appareil*) (Pl. XII).

Nous décrirons d'abord le mécanisme transmetteur tel qu'il est disposé dans le type d'appareil le plus récent, où la compensation est appliquée à l'emploi des courants permanents, et nous examinerons successivement :

1° L'organe inverseur, c'est-à-dire l'inverseur et ses leviers ;

2° L'organe intermédiaire entre l'inverseur et la bande perforée, comprenant : le balancier, ses leviers et ses aiguilles ;

3° L'entraînement de la bande perforée ;

4° Les communications et le commutateur ;

Puis nous passerons au fonctionnement de ces divers organes :

1° *L'inverseur et ses leviers* (Pl. XII). — L'inverseur est un disque d'ébonite I, assez épais, et sur la face antérieure duquel sont plaqués deux segments de cuivre isolés l'un de l'autre et munis de petites chevilles en platine α, β. Des boudins en cuivre relient les segments à des blocs où aboutissent des fils conducteurs, de telle sorte que le segment de gauche α communique avec la ligne et le segment de droite β avec la terre. Deux leviers coudés en cuivre, LI^1 et LI^2, montés sur des blocs, correspondant aux deux pôles de la pile, appuient chacun leur bras le plus long contre une des chevilles, sous l'ac-

tion d'un ressort agissant sur l'extrémité de leur petit bras.

La partie des leviers en contact avec les chevilles est platinée. Dans la position de la figure, les leviers appuyant à la fois sur les chevilles α et β, la pile se fermerait en court circuit. Pour empêcher cet effet, le levier supérieur est traversé par une petite vis qui appuie sur une plaque d'ébonite placée sur la partie du levier inférieur qui se trouve au-dessous d'elle ; cette vis, permettant de régler la distance qui doit séparer les deux leviers, s'oppose donc à toute communication électrique entre eux.

Supposons qu'on imprime au disque inverseur I un mouvement d'oscillation vers la droite ; la cheville α, en s'élevant, presse contre le levier LI^1 et la cheville β, en s'abaissant, contre le levier LI^2 ; par suite, le pôle positif de la pile est à la ligne et le pôle négatif à la terre. — Dans l'oscillation inverse, la cheville α, en s'abaissant, presse contre LI^2 et la cheville β, en s'élevant, contre LI^1 ; le pôle négatif de la pile est à la ligne et le pôle positif à la terre. Si donc le disque oscille régulièrement et d'une façon continue dans les deux sens, on enverra sur la ligne une succession de courants alternés, et le récepteur, placé à l'autre extrémité de la ligne, enregistrera une série de points.

Le mouvement oscillatoire est transmis du balancier au disque inverseur par l'intermédiaire des leviers du balancier LB^1 et LB^2 et des tiges T^1 et T^2. Ces dernières agissent sur les appendices en acier N^1 et N^2 fixés à l'inverseur, sur le prolongement du diamètre passant par le milieu de la partie isolée du disque. A cet effet, elles se terminent par un pas de vis sur lequel est ajusté un petit écrou cylindrique en cuivre muni d'un collet. L'ex-

trémité de chaque tige, ainsi que son écrou, passe librement à travers un œillet pratiqué dans les appendices N^1 et N^2, et la pression des collets contre ceux-ci fait osciller le disque. Un petit galet *g* appuie, sous l'action d'un ressort léger, sur le sommet de l'appendice supérieur N^2, qui a sa course limitée de chaque côté par un arrêt. Ce galet complète le mouvement de poussée donné par les collets ; pendant le mouvement de retrait des tiges T^1 et T^2, il maintient l'inverseur dans la position où il était placé par la dernière impulsion et l'empêche d'osciller tant que les collets ne poussent pas les appendices N^1 et N^2.

2° *Le balancier, ses leviers et ses aiguilles.* — Le balancier B, qui communique au disque inverseur I le mouvement oscillatoire, est mis lui-même en mouvement par une petite manivelle ou excentrique *x* (*fig.* 1, Pl. XIII), placée à l'extrémité de l'axe, formant le 5e mobile du mouvement d'horlogerie, et qui agit sur une bielle attachée à l'extrémité gauche du balancier. Les deux ressorts en spirale, *d* et *d'*, que l'on voit derrière lui, servent à établir les communications électriques sans gêner le mouvement du balancier. Ce balancier en ébonite (Pl. XII) oscille autour d'un axe qui le traverse dans sa partie centrale. Il est situé à la gauche de l'appareil, derrière la platine verticale qui sépare le moteur des autres organes, mais reste visible, grâce à deux ouvertures circulaires placées de chaque côté de son axe. Ces ouvertures sont traversées par des chevilles métalliques 1, 2, fixées au balancier, et contre chacune desquelles vient appuyer, sous l'action de ressorts horizontaux, un levier coudé LB^1, LB^2 en cuivre nickelé. Ces leviers, constamment pressés par leurs ressorts sur la cheville correspondante, suivront de cette façon tous les mouvements du

balancier et resteront en contact avec les chevilles tant que leur mouvement de bas en haut ne sera pas arrêté. Aux extrémités de leurs bras verticaux sont attachées les tringles horizontales T^1 et T^2, qui transmettent à l'inverseur I le mouvement oscillatoire du balancier. Aux extrémités de leurs bras horizontaux, les aiguilles a^1 et a^2 sont articulées de manière à tourner librement autour de leur point de suspension. Chacune d'elles est placée en regard d'une des rangées extrêmes de trous de la bande perforée qui se déroule au-dessus, de telle sorte qu'en s'élevant alternativement, leurs extrémités traversent la bande si elles rencontrent un trou, ou sont arrêtées par la bande si celle-ci n'est pas percée. De la sorte, quand une aiguille rencontre un trou, elle continue à s'élever, et le levier correspondant continue à rester en contact avec la cheville contre laquelle il est pressé par le ressort ; si elle ne rencontre pas de trou, son mouvement est arrêté par le papier, celui du levier l'est également, et la cheville du balancier continuant à s'élever, le levier cesse d'être en contact avec cette cheville. Des petits ressorts maintiennent les aiguilles contre deux vis horizontales qui servent à régler leur position.

Sous l'action du mouvement oscillatoire du balancier, l'une des aiguilles s'élève quand l'autre s'abaisse ; or, dans l'intervalle de temps qui sépare l'élévation successive des deux aiguilles a^1 et a^2, la bande de papier avance de l'intervalle qui sépare deux trous de la rangée centrale. Aussi, pour que la bande perforée laisse passer les deux aiguilles par deux trous situés sur une même perpendiculaire à la longueur de la bande, les deux aiguilles ne sont pas parallèles, mais l'aiguille a^2 est inclinée un peu à droite de la verticale et l'aiguille a^1 un peu à gauche, de telle sorte que leurs extrémités ont un

écartement égal à la quantité dont la bande doit avancer dans la double oscillation du balancier.

Les chevilles métalliques 1 et 2 du balancier sont en communication électrique avec les deux bornes Rh^1 et Rh^2 (Pl. XVI), situées sur le côté droit de l'appareil, par les spirales métalliques d et d' (Pl. XIII, *fig.* 1) ; les leviers LB^1 et LB^2 communiquent entre eux par leurs ressorts, les vis sur lesquelles s'appuient leurs aiguilles, l'inverseur de pile et tout le massif de l'appareil.

3° *Entraînement de la bande perforée.* — La bande passe sur le rebord SS (Pl. XII), qui court sur toute la longueur de l'appareil et qui, dans sa partie légèrement concave, porte trois fentes, dont deux sont destinées au passage des aiguilles, et la troisième, placée au milieu, permet aux dents de la roue d'entraînement r de s'engager dans les dents du rouleau de frottement r' placé au-dessus d'elle et qui sert également à l'avancement du papier. Ce rebord SS est fixé par deux équerres en cuivre et porte le tourillon Z qui guide le papier.

La roue r est en acier et fixée par une goupille sur son axe; ses dents, au nombre de 10, entrent dans les trous du milieu de la bande perforée pour l'entraîner, et, par suite, l'écartement de ses dents doit être égal à l'intervalle de deux trous consécutifs du papier.

Le rouleau de frottement r' est en cuivre et est armé de 20 dents à section carrée, engrenant avec les 10 dents de la roue d'entraînement r. Les deux joues de ce rouleau sont disposées de façon à ménager un espace vide (Pl. XIII, *fig.* 1) dans lequel les aiguilles puissent pénétrer. Un ressort placé à l'intérieur de l'appareil exerce une pression de haut en bas sur l'extrémité de l'axe du rouleau.

Au-dessous du rebord SS (Pl. XII) se trouve une petite

plaque de cuivre F, dans laquelle sont ménagées trois fentes correspondant à celles de la partie concave du rebord S, pour le passage des deux aiguilles et des dents de la roue d'entraînement *r*. Cette plaque, vissée d'un côté seulement sur la face inférieure du rebord, doit être assez mobile pour suivre le mouvement des aiguilles et les guider sans les gêner ; les aiguilles, d'ailleurs, ne peuvent s'échapper de la plaque dans leur descente, leurs leviers étant arrêtés dans leur mouvement de haut en bas par une goupille convenablement située.

4° *Les communications et le commutateur.* — Le socle de l'appareil porte neuf bornes à écrou pour recevoir les fils servant aux communications extérieures : deux de chaque côté et cinq derrière (Pl. XVI).

Les deux bornes du côté gauche C′, Z′ sont reliées avec les bornes de pile (*c* et *z*) du manipulateur ; celles de droite, Rh^1, Rh^2, avec les deux extrémités du rhéostat de compensation.

Les cinq bornes de derrière, en commençant par la gauche, sont reliées respectivement : T à la terre, L à la ligne, L′ à la borne *l* du manipulateur, Z et C aux deux pôles de la pile.

Le *commutateur* (Pl. XVI), situé dans la boîte même du transmetteur, permet de passer de la position de transmission automatique (T*r*) à la position de réception (R), qui est aussi celle de la transmission avec le manipulateur à inversion de courants, par le simple déplacement, dans un sens ou dans l'autre, d'une règle horizontale E. Cette règle, en ébonite, obéit au levier *m* (Pl. XIII, *fig.* 1) servant à l'arrêt du mouvement d'horlogerie, de telle sorte qu'en arrêtant le mouvement du transmetteur, on met automatiquement le commutateur sur la position

qui correspond à la fois à la réception et à la transmission manipulée.

Le déplacement de la règle E (Pl. XVI) entraîne celui des trois leviers parallèles, *a*, *b*, *c*, formant chacun l'aiguille d'un commutateur particulier à deux directions. Les trois leviers sont articulés par une de leurs extrémités sur la règle : le levier de gauche *a*, le plus long, pivote autour de son centre de figure et son bras inférieur presse sur l'un des contacts R et T*r*, indiquant, l'un la position de réception, l'autre celle de transmission automatique. Les deux autres leviers *b* et *c* pivotent autour de leur extrémité antérieure et pressent, suivant la position de la règle, contre l'un ou l'autre des deux contacts placés entre leur point d'attache et la règle d'ébonite.

Le levier de gauche *a* commande la direction du pôle cuivre ; le levier de droite *c*, celle du pôle zinc et le levier du milieu *b*, celle de la ligne.

Les communications des leviers et de leurs contacts avec les bornes de l'appareil sont établies de la façon suivante :

La borne Z′ avec le contact de droite du levier *c* ;

La borne C′ avec le contact de gauche du levier *a* ;

La borne Rh^1 avec le contact de gauche du levier *b*, lequel contact est relié lui-même à la cheville de gauche 1 du balancier ;

La borne Rh^2 avec la goupille de droite 2 du balancier et le segment de gauche de l'inverseur de pile I ;

La borne T (ou U, sur les appareils anglais) avec le segment de droite de l'inverseur ;

La borne L (ou D) avec le pivot du levier *b* ;

La borne L′ (ou D′) avec le contact de droite du levier *b* ;

La borne Z avec le pivot du levier *c* ;

La borne C avec le pivot du levier *a*.

Fonctionnement du mécanisme transmetteur (nouvel appareil).

La bande perforée n'est placée sur le transmetteur que quelques instants après que cet appareil a été mis en marche. On produit de cette façon, avant la transmission de la dépêche, une succession de points formés par des courants alternativement positifs et négatifs, qui donnent à la ligne le régime électrique que l'emploi des courants compensés a pour but de maintenir; de cette façon, le contact du premier signal de la dépêche n'est plus employé en partie à charger la ligne et n'arrive pas affaibli au récepteur.

Suivons d'abord la marche de l'appareil pour la transmisssion d'un point $\begin{pmatrix} \bigcirc \\ \circ \\ \bigcirc \end{pmatrix}$. Le balancier (Pl. XII et XVI) s'incline vers la gauche, la cheville 1 abaisse le levier LB^1, l'aiguille a^1 descend et la tige T^1 se retire librement vers la gauche; la cheville 2 s'élève avec la partie droite du balancier, le levier LB^2, pressé par le ressort contre cette cheville, suit ce mouvement, l'aiguille postérieure a^2 s'élève; cette aiguille rencontrant un trou de la bande perforée continue son mouvement d'ascension, le levier LB^2 reste en contact avec la cheville 2 et le collet de la tige T^2 pousse l'inverseur I vers la droite. La cheville gauche α de l'inverseur monte et presse contre le levier LI^1 qu'elle soulève, tandis que la cheville droite B descend et presse contre le levier LI^2 qu'elle abaisse. Le pôle cuivre, qui aboutit au levier supérieur LI^1, communique ainsi avec la cheville α ou le segment gauche de l'inverseur, lequel est relié à la ligne par le circuit sans ré-

sistance formé (Pl. XVI) par la cheville 2 du balancier, les leviers LB^2 et LB^1, la cheville 1, qui aboutit au contact de gauche du levier *b* du commutateur, dont le pivot est relié à la borne-ligne ; et le pôle zinc, qui aboutit au levier inférieur LI^2, communique avec la cheville β ou le segment droit de l'inverseur qui est relié à la terre. Donc, l'aiguille postérieure rencontrant un trou envoie un courant positif sur la ligne, courant qui commence le point.

Dans le mouvement suivant, le balancier s'incline vers la droite : la cheville 2 abaisse le levier LB^2, l'aiguille a^2 descend et la tige T^2 se retire librement vers la gauche sans agir sur l'inverseur ; la partie gauche du balancier s'élève, l'aiguille a^1 monte et, traversant un trou de la bande de papier, le levier LB^1 s'élève aussi et reste en contact avec la cheville 1. La tige T^1 se déplace alors vers la droite, et son collet vient pousser l'appendice inférieur de l'inverseur. La cheville droite β de celui-ci soulève alors le levier LI^1 et, pressant contre lui, met le pôle cuivre à la terre. La cheville gauche α abaisse le levier LI^2 et, pressant contre lui, met le pôle zinc à la ligne. Donc, l'aiguille antérieure rencontrant un trou envoie un courant négatif sur ligne, courant qui termine le point.

Dans l'intervalle, il y a eu un instant d'interruption dont le milieu correspond au moment où, le balancier étant dans la position horizontale, les leviers LI^1 et LI^2 sont séparés des chevilles de l'inverseur par la vis qui traverse LI^1 et repose sur la petite plaque isolante du levier LI^2, afin d'empêcher la pile de se fermer en court circuit. C'est la position neutre du transmetteur.

Pour la formation du trait ou de l'intervalle de lettres, on sait que l'appareil est disposé de manière à envoyer

soit des courants permanents, soit des courants intermittents, soit des courants avec compensation.

Examinons, en premier lieu, ce qui se passe avec l'emploi de la compensation. Les deux extrémités du fil du rhésotat convenablement réglé aboutissent aux bornes Rh^1, Rh^2 situées sur le côté droit de l'appareil (Pl. XVI).

Le trait $\left(\begin{smallmatrix} \bigcirc & \\ \circ & \circ \\ & \circ \\ & \bigcirc \end{smallmatrix}\right)$ est commencé, comme le point, par l'élévation de l'aiguille postérieure a^2 qui traverse un trou de la bande perforée, et la partie supérieure de l'inverseur s'est inclinée à droite poussée par la tige T^2. Dans l'oscillation inverse qui suit, l'aiguille antérieure a^1 s'élève, mais ne rencontrant pas de trou dans la bande, elle est arrêté par le plein du papier. Le levier LB^1 est arrêté également et se sépare de la cheville 1 qui continue à s'élever avec la partie gauche du balancier, et la tringle T^1 ne poursuivant pas son mouvement vers la droite, son collet ne vient pas pousser l'appendice inférieur de l'inverseur, en sorte que celui-ci reste dans la situation où il a été placé par l'oscillation précédente, c'est-à-dire que le levier supérieur LI^1 continue à être en contact avec la cheville α et le levier inférieur LI^2 avec la cheville β; le pôle zinc reste donc à la terre, mais le courant cuivre, arrivé au segment gauche de l'inverseur, trouvant la communication directe avec la ligne coupée par la séparation du levier LB^1 avec la cheville 1 du balancier, doit traverser le rhéostat intercalé entre les bornes Rh^1 et Rh^2 avant d'arriver sur la ligne. De là, envoi sur la ligne d'un courant cuivre affaibli par l'intercalation de résistances.

Dans la troisième oscillation du balancier, l'aiguille postérieure a^2 s'élève, mais son ascension est arrêtée par la bande, puisqu'il n'y a pas de trou en regard ; par suite, la

tige T^2 ne pousse pas l'inverseur, qui conserve la position dans laquelle il a été placé quand cette même aiguille a rencontré un trou; le levier LB^2 se séparant de la cheville 2, le courant cuivre ne peut aller sur la ligne qu'à travers les résistances.

Enfin, dans la quatrième oscillation du balancier, l'aiguille antérieure a^1 s'élève, rencontre un trou ; le collet de la tige T^1 déplace l'inverseur; la communication directe avec la ligne est établie par le contact des leviers du balancier avec les chevilles et un courant zinc va sur la ligne, déterminant la cessation du trait.

En résumé, pour le trait, le premier mouvement du balancier produit l'envoi sur la ligne d'un courant positif égal à celui qui sert à l'émission du point ; dans le deuxième et le troisième, l'envoi d'un courant positif affaibli par son passage à travers le rhéostat ; dans le quatrième, l'envoi d'un courant négatif égal à celui qui détermine la cessation du point.

S'il vient à la suite un intervalle de lettres, les aiguilles a^2 et a^1 sont successivement arrêtées dans leur mouvement ascendant par les pleins de la bande : l'inverseur reste dans la position où il a été placé par le passage antérieur de l'aiguille a^1 à travers le trou qui a terminé le signal précédent ; et la communication directe avec la ligne étant interrompue par la séparation des leviers du balancier avec les chevilles, il y a envoi sur la ligne d'un courant zinc affaibli par le rhéostat jusqu'à ce que l'aiguille postérieure a^2, rencontrant le trou qui commence la lettre suivante, détermine le changement de position de l'inverseur et l'envoi d'un courant positif sur la ligne.

Ainsi, le passage de l'aiguille postérieure a^2 à travers les trous détermine l'envoi du courant *imprimeur* et celui

de l'aiguille antérieure a^1, l'envoi du courant *espaceur*.

Si nous reprenons l'exemple déjà donné des lettres R et E, séparées par un intervalle, nous voyons que pour la lettre R :

Point	la 1re	oscillation simple	met le	cuivre à la ligne. zinc à la terre.
	la 2e	—	—	cuivre à la terre. zinc à la ligne.
Trait	la 1re	—	—	cuivre à la ligne. zinc à la terre.
	la 2e	—	—	cuivre à la ligne à travers la résistance. zinc à la terre.
	la 3e	—	—	id.
	la 4e	—	—	cuivre à la terre. zinc à la ligne
Point	la 1re	—	—	cuivre à la ligne. zinc à la terre.
	la 2e	—	—	cuivre à la terre. zinc à la ligne.

Pour l'intervalle :

la 1re	—	—	cuivre à la terre. zinc à la ligne à travers la résistance.
la 2e	—	—	id.

Pour la lettre E :

Point	la 1re	—	—	cuivre à la ligne. zinc à la terre.
	la 2e	—	—	cuivre à la terre. zinc à la ligne.

Ainsi, le courant cuivre commence les signaux et les continue dans son passage à travers la résistance de compensation ; le courant zinc commence les intervalles et les continue dans son passage à travers la même résistance.

Le nombre des émissions de courant est très-considérable, puisqu'il en faut deux pour un point et quatre

pour un trait (le courant étant interrompu un instant à chaque oscillation par le passage du balancier à la position neutre) ; pour un mot de sept lettres, il pourra y avoir jusqu'à 50 émissions et plus ; et, si l'appareil transmet 50 mots par minute, on aura jusqu'à 2.500 émissions par minute.

On a vu comment on peut régler la résistance du compensateur suivant l'état de la ligne : on augmente la résistance dans les temps secs, on la diminue dans les temps humides. Si, au poste qui reçoit, les points manquent, les traits sont coupés ou trop courts, on avertit le poste transmetteur qui diminue la résistance ; si, au contraire, les signaux se prolongent trop, on fait augmenter la résistance.

Sur la ligne de Paris à Marseille (820 kilomètres de fil de 5^{mm}), la résistance de compensation, à Paris, varie entre 3.000 et 5.000 unités ; en moyenne, c'est environ la moitié de la résistance de la ligne.

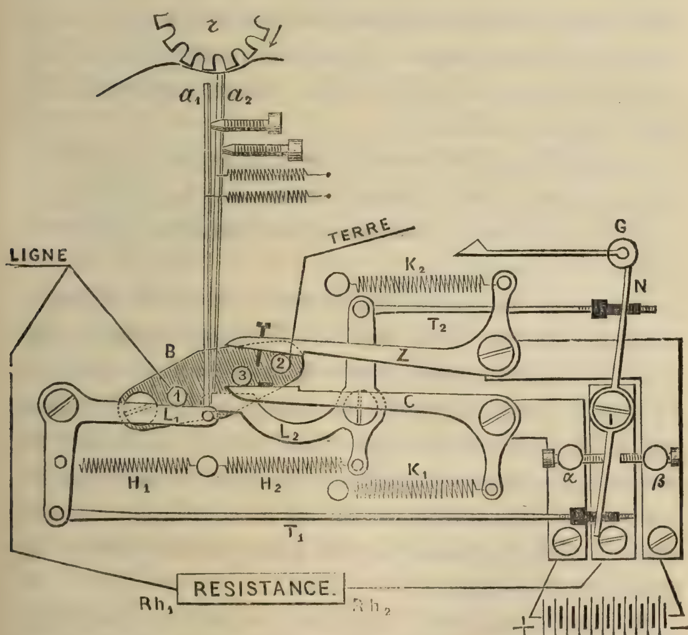
Pour travailler avec des *courants permanents*, il suffira évidemment de réduire à zéro la résistance de compensation ; de cette façon, quand l'envoi du courant sur la ligne est interrompu par l'arrêt des aiguilles coupant le contact des leviers du balancier avec les chevilles, le courant passe par le rhéostat qui lui offre également un chemin sans résistances. On emploie ce mode de travail quand le temps est humide et qu'il y a des pertes sur la ligne, ou quand on veut appliquer la transmission simultanée en sens contraire (*duplex system*).

Pour travailler avec des *courants instantanés*, il suffira de rendre infinie la résistance de compensation, c'est-à-dire de supprimer le rhéostat de compensation

sans rejoindre les fils, de telle sorte que, toutes les fois qu'une des aiguilles ne rencontre pas de trou dans la bande perforée, la communication de la pile avec la ligne est complétement interrompue. Ce mode ne convient que quand le temps est très-sec et que la ligne est bien isolée.

Description et fonctionnement du mécanisme transmetteur (ancien appareil).

Dans le transmetteur du système antérieur à celui actuellement en usage, le balancier porte trois chevilles



métalliques 1, 2, 3. La cheville de gauche 1 communique avec la ligne; la cheville de droite 2 avec la terre;

celle du milieu 3 est isolée. Comme dans l'appareil précédent, les leviers à aiguilles L^1 et L^2 sont pressés de bas en haut par les ressorts H^1 et H^2, de telle sorte qu'ils suivent les mouvements du balancier et restent en contact, l'un avec la cheville 1, l'autre avec la cheville 3, tant que leur mouvement de bas en haut n'est pas arrêté par la rencontre de l'aiguille correspondante avec le plein de la bande de papier. Ces leviers communiquent d'ailleurs électriquement par les ressorts H^1, H^2, et le massif de l'appareil.

Les leviers Z et C communiquent chacun avec un pôle de la pile : leur distance est réglée par une petite vis en ébonite qui traverse le levier Z et empêche la pile de se fermer en court circuit. Suivant la position du balancier, les ressorts K^1, K^2, les font presser contre la cheville 2 ou la cheville 3.

La cheville isolée 3 sert à mettre le levier court L^2 en communication avec l'un ou l'autre des leviers Z ou C, suivant la position du balancier, et détermine ainsi l'inversion des courants.

Examinons la production du point : l'aiguille a^2, rencontrant un trou de la bande, s'élève librement et, par suite, le levier L^2 presse contre la cheville 3 qui est aussi en contact avec le levier C. Le pôle zinc de la pile étant mis à la terre par le levier Z qui touche la cheville de droite 2, le courant positif va du levier C au levier L^2 par la cheville centrale, de là, au levier L^1, par les ressorts H^1, H^2, et ensuite sur la ligne par la cheville de gauche du balancier.

Si dans l'oscillation suivante, l'aiguille a^1 rencontre également un trou, le levier L^1 reste en contact avec la cheville 1; le levier C presse contre la cheville 2, et les leviers Z et L^2 appuient tous deux sur la cheville 3. Le

pôle cuivre est donc à la terre par la cheville 2; et le courant zinc va sur la ligne par le levier Z, la cheville 3, le levier L^2, les ressorts H^1, H^2, le levier L^1 et la cheville 1.

Pour la formation du trait ou de l'intervalle de lettres, l'appareil est encore disposé de manière à envoyer soit des courants permanents, soit des courants intermittents, soit des courants avec compensation.

Le principe du mode de compensation adopté dans cet appareil a déjà été exposé : le trait ou l'intervalle des lettres est commencé par une émission courte de courant, à laquelle succède un instant pendant lequel la communication entre la pile et la ligne est coupée; puis un courant de même nom que le courant précédent, mais affaibli par des résistances, passe sur la ligne pour lui restituer la charge perdue. Ce courant compensateur précède le courant inverse, qui termine le trait ou l'intervalle de lettres, de telle sorte que ce dernier courant trouve la ligne dans le même état électrique que s'il eût succédé immédiatement au courant primitif, comme dans la formation du point ou de l'intervalle de signaux.

Cette compensation s'opère automatiquement par un mécanisme analogue à celui qui produit à la fois l'inversion et la compensation dans le transmetteur actuel. Une godille N, mobile autour de son centre I et reliée au rhéostat de compensation par le bloc sur lequel elle oscille, appuie alternativement sur les deux arrêts α et β, reliés respectivement à l'un des pôles de la pile, et met ainsi l'un ou l'autre des pôles en relation avec l'une des extrémités de la caisse de résistances dont l'autre extrémité est reliée à la ligne. La godille NI presse contre l'arrêt α ou l'arrêt β, suivant qu'elle est poussée par la tige horizontale T^2 articulée sur le levier L^2, ou la tige T^1 articulée sur le levier L^1. Ces tiges se terminent,

comme celles du transmetteur décrit précédemment, par un pas de vis muni d'un écrou à collet; seulement, l'écrou à collet, au lieu d'être en cuivre comme dans ce dernier, est en ébonite, pour isoler les tiges et leurs leviers de la godille N. L'extrémité des tiges pénètre librement dans les œillets de la godille, en sorte que les tiges peuvent se retirer librement vers la gauche et que la godille ne se déplace que si elle est poussée par un des collets dans le mouvement des tiges vers la droite.

Cela posé, examinons la formation d'un trait. L'aiguille a^2 rencontrant un trou de la bande, le levier L^2 continue à presser contre la cheville 3 en même temps que le levier C. Un courant positif va sur la ligne, la tige T^2 est poussée vers la droite par l'élévation du levier L^2 et son collet fait incliner la godille qui vient au contact de l'arrêt α et ouvre un second passage au courant positif à travers la résistance de compensation; mais le courant suit naturellement le circuit sans résistance qui lui est ouvert par la communication que la cheville 3 établit entre les leviers C et L^2.

Dans l'oscillation suivante, l'aiguille a^1 est arrêtée au milieu de sa course par la bande, et, par suite, le levier L^1 se sépare de la cheville 1, ce qui rompt la communication de la ligne avec le pôle zinc de la pile (lequel arrive au levier L^1 par les ressorts H^1, H^2 et le levier L^2, qui appuie sur la cheville 3 en même temps que le levier Z). Le levier C étant en contact avec la cheville 2, le pôle cuivre est à la terre. Quant à la godille, elle est restée dans la position précédente, puisque le mouvement de a^1 étant arrêté, la tige T^1 n'a pu agir sur elle: elle appuie donc encore sur la vis α, et, par suite, aucun courant ne peut aller sur la ligne à travers le rhéostat,

puisque le pôle cuivre est à la terre par la cheville 2 et que le pôle zinc est isolé.

Quant à la ligne, elle se trouve à la terre à travers le rhéostat par la godille N1, la vis α et le levier C. Ainsi, dans ce mouvement, le pôle cuivre est mis à la terre, la ligne est isolée du pôle zinc et se décharge à la terre à travers les résistances.

Le mouvement suivant est celui qui est représenté dans notre figure : l'aiguille a^2 est arrêtée dans son ascension, le levier L^2 se sépare de la cheville 3. La godille reste toujours dans la situation où elle a été placée au commencement du trait : le pôle zinc est mis à la terre, et le pôle cuivre arrivant à la ligne, à travers le rhéostat, envoie un courant compensateur positif.

Le mouvement qui termine le trait est identique à celui qui achève le point : la godille change, à ce moment seulement, de position et vient appuyer contre la vis-arrêt β.

Pour l'intervalle de lettres, on verrait de même qu'on a successivement :

1° Pôle cuivre isolé, pôle zinc à la terre, ligne à la terre à travers le rhéostat ;

2° Pôle cuivre à la terre, pôle zinc à la ligne à travers les résistances.

Dans ce système, la résistance de compensation doit être bien moindre qu'avec le nouveau transmetteur, dans lequel le courant initial est suivi immédiatement du courant compensé, en sorte que la ligne est parcourue par un courant pendant toute la durée du signal. Au contraire, dans le transmetteur ancien, la ligne se décharge à la terre à travers le rhéostat dans l'intervalle qui sépare la première émission de l'envoi du courant compensateur, intervalle pendant lequel la communication entre

la ligne et la pile est coupée. Il en résulte que le courant compensateur doit être assez fort et, par suite, la résistance introduite assez faible. Cette résistance, sur la ligne de Paris à Marseille, était, en général, d'environ un quart seulement de la résistance de la ligne.

Le transmetteur ancien modèle n'est pas employé dans la transmission double par le système différentiel. Ce système exige, en effet, que la ligne soit toujours en communication avec la terre par la pile ou par une résistance égale à celle de la pile ; de plus, pour l'équilibre différentiel, on est obligé d'employer des courants permanents, c'est-à-dire de réduire à zéro la résistance du rhéostat de compensation. Or, nous avons vu que, dans la transmission du trait et de l'intervalle de lettres, le transmetteur passe par une position intermédiaire dans laquelle la ligne est isolée de la pile et mise à la terre par la résistance de compensation, laquelle est nulle dans notre cas.

2° **Mécanisme moteur** (Pl. XIII).

Moteur. — Le transmetteur est mû par un poids supporté par une chaîne sans fin dont les anneaux sont en acier trempé. Cette chaîne passe sur la poulie P^1, qui fait corps avec le manchon du premier mobile; elle est guidée dans son mouvement par le galet G, qui tourne librement dans la gorge de la poulie P^1 et fait partie du second mobile. La poulie P^1 en cuivre est coupée suivant un plan parallèle aux joues et passant par le milieu de sa gorge : entre les deux moitiés est intercalé un disque en acier muni sur son pourtour de dents carrées et espacées, qui font saillie sur la gorge de la poulie. La joue

postérieure de la poulie fait corps avec le manchon du premier mobile, et les trois pièces qui composent la poulie sont assemblées l'une contre l'autre par trois vis qui les rendent solidaires. La chaîne se place bien à plat sur la poulie, et ses anneaux s'engagent de deux en deux dans les saillies de sa gorge.

Le brin qui descend à droite de la poulie P^1 fait le tour d'une poulie suspendue, à l'axe de laquelle est attaché le poids moteur et dont la gorge est munie, en son milieu, d'une arête sur laquelle s'appuient obliquement les anneaux successifs de la chaîne. Celle-ci passe ensuite à gauche de la poulie P^2, identique à la poulie P^1 et sur laquelle elle passe également ; en descendant sur la droite de la poulie P^2, elle est guidée par une fourche qui la dirige dans un conduit métallique placé obliquement sous la boîte de l'appareil et qui empêche la rencontre des diverses parties de la chaîne ; à sa sortie du conduit, elle supporte un petit contre-poids qui la maintient convenablement tendue, puis remonte de manière à venir former le brin gauche de la poulie P^1.

Remontoir. — Entre la poulie P^2 et la platine postérieure de l'appareil est placée, toujours sur l'axe du premier mobile, la roue à rochet qui sert au remontage du poids. Le cliquet dont elle est munie à sa partie supérieure est vissé sur la platine même. L'axe traverse tout l'appareil et présente, en avant de la platine antérieure, un prolongement carré sur lequel s'ajuste la clef du remontoir. La clef est garnie extérieurement sur une de ses faces d'un ressort plat fixé près de l'ouverture et muni de deux goupilles pénétrant dans la clef : la plus courte est disposée de façon à entrer dans une entaille pratiquée à l'extrémité de l'axe ; l'autre, située à l'extrémité libre du ressort, traverse toute la clef : il suffit d'ap-

puyer contre cette seconde goupille pour soulever le ressort et retirer la clef.

Lorsqu'on remonte le poids et que celui-ci est arrivé au haut de sa course, il rencontre une plaque en cuivre montée d'un côté sur une charnière fixée sur la boîte de l'appareil et soutenue à l'autre bout par une tige à ressort sur la tête de laquelle appuie un butoir, qui, dans sa position de repos, se trouve un peu au-dessous de la poulie P^2. Le poids soulève cette plaque, et par suite la tige à ressort qui engage le butoir dans les dents de la poulie P^1, de manière à empêcher l'axe de tourner. Le remontage est ainsi arrêté automatiquement et l'on évite les chocs et les contacts des diverses parties de la chaîne avec les pièces servant aux communications électriques.

Régulateur de la vitesse. — Le quatrième mobile du rouage, sur lequel se trouve déjà la roue d'entraînement du papier *r*, communique le mouvement à un axe *xy*, qui s'arrête à quelque distance de la platine antérieure et est supporté par un pont. Cet axe se termine en *x* par une petite manivelle ou excentrique qui, agissant sur une bielle fixée à l'extrémité gauche du balancier B, imprime à ce dernier le mouvement oscillatoire que nous connaissons. D'autre part, cet axe traverse, comme le montre la *fig.* 2, Pl. XIII, la platine postérieure de l'appareil, derrière laquelle il fait tourner le disque d'acier poli D^1. Le disque D^1 transmet son mouvement à un autre disque D^3, également en acier, et fixé parallèlement à D^1 sur l'axe du volant. La transmission du mouvement du disque D^1 au disque D^3 s'effectue par l'intermédiaire d'un troisième disque plus petit D^2, placé entre les deux premiers, perpendiculairement à leurs plans, et qui frotte contre tous les deux. Les trois disques D^1, D^2, D^3 sont engagés sur leurs axes à frottement très-dur.

L'axe du disque D^2 est porté par un cadre en cuivre situé à l'extrémité d'un levier horizontal l, placé derrière la platine postérieure de l'appareil et guidé dans son mouvement par quatre petite vis. A l'autre extrémité de ce levier est articulé le bras M qui parcourt l'axe gradué servant au réglage de la vitesse (Pl. XII). En faisant mouvoir le bras M, on peut ainsi approcher le disque D^3 du centre de rotation de l'un des deux disques horizontaux D^1 et D^2 et l'éloigner de l'autre, et faire ainsi varier la vitesse dans la proportion de 1 à 6 et d'une manière continue, sans être obligé d'arrêter l'appareil.

L'axe divisé sur lequel se meut le bras M est gradué, de droite à gauche, de 20 à 120; les nombres marqués sur la graduation indiquent le nombre de mots (en langue anglaise) par minute auquel correspond la vitesse de déroulement (*). Quand le bras M est sur la division 20, c'est-à-dire quand l'appareil déroule à la vitesse minima, le disque D^3 occupe la position qu'il a dans la *fig.* 2, Pl. XIII; il est près de la circonférence du disque D^1 et près de l'axe de rotation du disque D^3. On augmentera la vitesse de l'appareil en déplaçant le bras vers la gauche, ce qui rapproche le disque intermédiaire D^2 de l'axe de rotation du disque D^1 et l'éloigne de l'axe du disque D^3.

En effet, l'action du poids moteur peut être regardée comme se divisant en deux forces, dont l'une est employée à vaincre les frottements des divers mobiles et à

(*) En mots français, la vitesse réelle de l'appareil ne correspond guère qu'aux deux tiers du nombre porté sur la graduation. Mais la graduation fait connaître assez exactement le nombre de dépêches à l'heure que fournit l'appareil. Ainsi, quand le bras est sur la division 100, le rendement moyen est de 100 dépêches simples à l'heure.

Le nombre de contacts par seconde que fournit le transmetteur, ou le nombre total de courants positifs et négatifs qu'il émet dans une seconde, a été mesuré par M. Mercadier, à l'aide d'un enregistreur; le nombre varie suivant les appareils, de 10 à 15 pour la petite vitesse et de 80 à 90 pour la grande.

communiquer à l'instrument sa vitesse de déroulement, l'autre sert à vaincre la résistance du volant.

Cette dernière est appliquée au pignon qui transmet le mouvement à l'axe du disque D^1; pour entraîner le disque D^2, elle doit vaincre une certaine résistance dont le point d'application est au contact des disques D^1 et D^2. Le bras de levier de cette résistance est la distance qui sépare le disque D^2 de l'axe du disque D^1; plus ce bras de levier de la résistance sera long, plus la puissance nécessaire pour l'équilibre devra être grande.

Cette résistance agit à son tour comme puissance appliquée au point de contact des disques D^2 et D^3 pour entraîner le disque D^3 et le volant, et cet entraînement sera d'autant plus facile qu'elle agira à l'extrémité d'un bras de levier plus long, c'est-à-dire que le disque D^2 sera à une plus grande distance de l'axe du disque D^3.

Il en résulte finalement que la force nécessaire pour entrainer le volant est d'autant plus petite que la distance du disque D^2 à l'axe du disque D^1 est plus petite, et que celle du disque D^2 à l'axe du disque D^3 est plus grande.

Or, en déplaçant le bras M vers la gauche, on diminue la première et l'on augmente la seconde : donc il faut alors une force moins grande pour équilibrer la résistance du volant. En d'autres termes, la partie de la force motrice de l'appareil employée à vaincre la résistance du volant diminue; l'autre partie de cette force, employée au déroulement de l'appareil, augmente; donc, et par suite, la vitesse de déroulement augmente également (*).

(*) Appelons P la force appliquée au pignon de rayon p qui communique le mouvement à l'axe du disque D^1. Entre la puissance P agissant à la distance p de l'axe de D^1, et la résistance F qui est appliquée au point de contact des disques D^1 et D^2, on a, pour l'équilibre, la relation $Pp = Fd_1$.

Le disque D^2 agit à son tour comme puissance au point de contact de

Volant. — Le volant du transmetteur est un volant à ailettes et à force centrifuge. Il est identique à celui du récepteur, dessiné sur une plus grande échelle dans la Pl. XV. Il se compose de deux ailettes rectangulaires en cuivre V^1, V^2, vissées respectivement sur les axes xy, zt, parallèles à l'axe du volant et terminés par des tourillons entrant dans des trous pratiqués aux extrémités des traverses xz et yt, fixées sur l'axe du volant et perpendiculairement à cet axe. Chaque ailette est munie d'une petite roue dentée faisant corps avec elle, et engrenant avec une roue dentée centrale calée sur un manchon mobile enveloppant l'axe du volant. Cette roue mobile est sollicitée à tourner par une spirale plate en acier S, enroulée sur un autre manchon faisant suite au précédent, mais qui est engagé sur l'axe du volant à frottement très-dur. Des goupilles attachent les extrémités de cette spirale, d'une part, sur la roue dentée centrale, d'autre part, sur une virole placée au bout du manchon. Celle-ci est percée de quelques trous permettant de la faire tourner et de régler ainsi la tension de la spirale. La spirale agit sur la roue centrale, qui agit

ce disque avec le disque D^3, pour vaincre la résistance Q du volant. La puissance F est appliquée à une distance d_3 de l'axe de D^3, et la résistance Q à une distance q de ce même axe. On a alors, pour l'équilibre, $Fd_3 = Qq$.

De ces deux relations, on tire

$$Pp\,d_3 = Qq\,d_1$$

d'où

$$P = Q\frac{q}{p}\frac{d_1}{d_3}.$$

Quand on déplace le disque D^2, on fait varier seulement d_1 et d_3, et la relation précédente montre que la force P, nécessaire pour équilibrer Q, est proportionnelle à d_1 et inverse de d_3. Elle diminuera si d_1 diminue et si d_3 augmente, et, par conséquent, l'autre partie de la puissance motrice de l'appareil, employée à fournir la vitesse de déroulement, croîtra dans les mêmes conditions.

elle-même sur les roues dentées des ailettes, pour maintenir celles-ci fermées, dans l'état de repos.

Les traverses *xz* et *yt* sont reliées à l'axe central chacune par un manchon. Celui de *xz* est soudé à l'axe, et celui de *yt* est simplement fixé sur ce dernier par une goupille, qu'il suffit d'enlever pour faire sortir de l'axe la traverse *yt*, et les deux manchons mobiles.

Quand l'appareil est en mouvement, les ailettes s'écartent en vertu de la force centrifuge, et leurs roues dentées font tourner la roue centrale mobile, qui agit alors sur la spirale, en rapprochant ses spires de l'axe, et par suite, en augmentant sa tension : de la sorte, quand la vitesse croît, les ailettes, en s'écartant, présentent une surface plus grande à la résistance de l'air, en même temps qu'elles augmentent la tension de la spirale antagoniste qui tend à les refermer.

L'axe du volant porte sur les platines antérieure et postérieure de l'appareil; il traverse la platine antérieure et vient appuyer contre le ressort-lame R, visible dans la Pl. XII, sur le devant de cette platine et muni d'une lentille en pierre dure au point où il presse sur cet axe. Le contact du disque D^3 avec le disque D^2 est assuré de cette façon. La pression du ressort R est réglée à l'aide des deux vis fixant, sur la platine, le biseau qui forme l'autre extrémité du ressort. En serrant trop le ressort on ralentirait la marche de l'instrument.

Arrêt du mouvement. — On arrête le mouvement en agissant sur la manette *m* (Pl. XIII), placée à gauche et sur la platine antérieure de l'appareil. Cette manette fait mouvoir un levier muni, à son extrémité, d'un frotteur en acier qui vient s'appliquer contre la circonférence du disque D^1.

Ce levier est muni d'un second bras qui pénètre dans

le socle de l'appareil et agit sur le commutateur spécial des communications électriques de l'appareil, de telle sorte qu'en arrêtant ou mettant en marche l'appareil, on établit du même coup les communications correspondant à la position de réception, dans le premier cas, et à celle de transmission, dans le second cas.

Détails de construction (Pl. XIII). — La plupart des organes du moteur sont renfermés dans une caisse dont les parois sont constituées par les deux platines et deux glaces placées latéralement, et dont une glace forme également le dessus.

La glace de gauche et celle de dessus sont maintenues toutes deux par une coulisse en cuivre C, munie intérieurement d'une rainure qui s'engage dans la tête d'une vis fixée à la colonne du massif. Il suffit de retirer cette coulisse pour pouvoir enlever les deux glaces. La glace de droite est maintenue par la coulisse symétrique C^1, qu'il faut dévisser si l'on veut retirer cette troisième glace.

Le grand disque d'acier D^1 est protégé par le tambour cylindrique en cuivre T, vissé derrière l'appareil.

La petite boîte S qui renferme les organes électriques est fermée sur le devant par une glace enchâssée dans un encadrement dont trois côtés sont formés par des plaques de cuivre fixées sur la platine même, et le quatrième, celui de droite, est formé par une plaque *p* (Pl. XII) mobile sur deux vis à l'aide de charnières consistant en ressorts bombés pressés entre la plaque et la tête des vis. Un petit ressort de laiton, placé à l'intérieur, repousse la glace lorsque la plaque mobile a été légèrement écartée de gauche à droite.

Entretien du transmetteur. — Les principaux dérangements, d'ailleurs assez rares, de cet instrument se trouvent : 1° aux contacts des divers leviers, qu'il faut

toujours tenir très-propres; ils peuvent s'oxyder et l'introduction de corps étrangers peut amener des isolements ou des communications permanentes; 2° aux vis des aiguilles qui sont quelquefois usées par le frottement, au point de gêner le mouvement des aiguilles; 3° à la petite plaque de cuivre placée au-dessus des aiguilles, dont le mouvement peut aussi être arrêté par l'accumulation des débris de papier sur cette plaque; 4° au ressort R (Pl. XII), formant le contre-pivot antérieur de l'axe du volant, qui, trop serré, serait une cause de ralentissement de l'instrument, et trop peu serré, ferait que le disque D^3 n'exercerait pas sur le disque D^2 une pression suffisante pour être entraîné par ce dernier.

Les pivots des divers axes doivent seuls être légèrement huilés : il faut se garder de mettre de l'huile sur les disques d'acier.

III. Le manipulateur (Pl. XVI).

Forme actuelle. — Pour substituer la transmission manipulée à la transmission automatique, on fait usage d'un manipulateur inverseur (ou à double courant). Cet instrument, dessiné dans la Pl. XVI, porte extérieurement cinq bornes : *l*, *t*, *c*, *z*, *r*, dont les deux premières sont situées une de chaque côté, et les trois autres en arrière. Elles communiquent respectivement : *t* avec la terre, *r* avec le récepteur, *l* avec la ligne, *c* et *z* avec les deux pôles de la pile; les trois dernières, par l'intermédiaire du transmetteur. La manipulation, analogue à celle du Morse, se fait au moyen d'un levier dont une extrémité est fixée à un axe supporté par une fourchette placée à peu près au milieu du socle et dont l'autre extrémité,

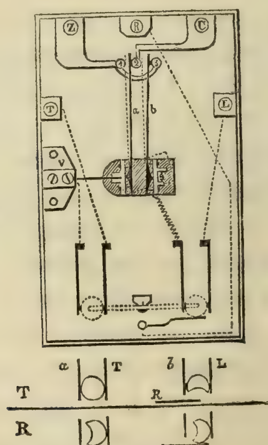
terminée par une poignée, vient butter, quand on abaisse le levier, sur un petit bouchon de caoutchouc servant uniquement à amortir le bruit. Sur l'axe de suspension du levier et à droite de ce dernier est fixé un autre bras du levier qui descend perpendiculairement sous le socle de l'instrument, et là, en x, est relié à un massif d'ébonite qu'il entraîne avec lui dans ses oscillations. Sur ce massif se trouve, d'un côté, près du bras de levier, une pièce de cuivre B sur laquelle est fixée une lame d'acier *b* qui va droit en avant et se termine par une petite plaque de platine. La pièce de cuivre B, taillée en biseau du côté de cette lame, est attachée de l'autre à un bloc de cuivre *t* par un ressort en spirale qui sert à ramener le massif à la position de repos et à faire communiquer cette pièce avec la terre. La pièce de cuivre A, disposée symétriquement à B, est attachée au bloc voisin V, au moyen d'un ressort plat en acier qui est en même temps l'axe d'oscillation de tout le massif. La lame d'acier *a* est disposée comme *b* et dans une direction parallèle. Ces lames sont réglées à l'aide de deux vis qui les fixent dans les plaques de cuivre A et B, de chaque côté du biseau. Leur extrémité platinée vient alternativement s'appuyer sur trois petites bornes 1, 2 et 3, qui correspondent, les deux extrêmes, au pôle cuivre de la pile, et celle du milieu, au pôle zinc. Cette dernière est située entre les lames et les deux autres extérieurement aux lames. Enfin, à l'avant de l'instrument se trouve un commutateur formé d'un seul levier D terminé par un bouton. Ce levier, en se déplaçant, passe sur trois blocs en cuivre *m*, *n*, *s*, qui communiquent : celui de gauche, *m*, avec la lame *a* ; celui de droite, *s*, avec le récepteur ; et celui du milieu, *n*, avec la terre. Le pivot D du commutateur lui-même est relié avec la ligne. Quand le commutateur D est sur

transmission (sur la lettre *m*) et que le levier du manipulateur est au repos (position de la figure, Pl. XVI), le zinc est à la ligne et le cuivre est à la terre. Si l'on abaisse le levier, les lames *a* et *b* qui appuyaient auparavant à droite, c'est-à-dire sur les bornes 2 et 3, se portent maintenant à gauche, c'est-à-dire sur les bornes 1 et 2, et c'est le cuivre qui est envoyé sur la ligne, tandis que le zinc est mis à la terre. Dans la position de réception, le commutateur est sur le bloc *s*, et le levier reste nécessairement immobile ; le zinc demeure isolé, le cuivre est mis à la terre et la ligne se trouve alors reliée au récepteur.

Lorsqu'on fait passer le commutateur D de la position de réception *s* à celle de transmission *m*, et réciproquement, il met par le contact *n*, du milieu, la ligne à la terre pendant un instant, ce qui achève de la décharger.

Tel est le manipulateur actuellement en usage.

Forme antérieure. — Le type précédemment employé diffère un peu de celui-ci :



Les bornes terre et ligne occupent une position inverse.

A l'intérieur, la petite borne du milieu, 2, communique avec le pôle cuivre, et les deux autres, 1 et 3, avec le pôle zinc.

Le changement de la position de réception à celle de transmission et *vice versa* s'effectue à l'aide d'un commutateur spécial. C'est une bascule en cuivre dont chaque bras porte, à son extrémité, un petit piston en ébonite. Chaque piston est surmonté extérieurement d'un bouton sur lequel on appuie pour déplacer la bascule et obtenir les communications nécessaires. Leur partie moyenne est enveloppée d'un manchon en cuivre. Ils présentent, vers leur milieu, l'un une entaille arrondie et l'autre deux, et passent, en montant ou en descendant, entre de petites lames de cuivre qui pressent sur leur manchon, excepté lorsqu'elles sont devant les entailles.

Le piston de gauche n'a qu'une entaille à gauche et il passe entre deux lames de cuivre parallèles entre elles et aux côtés de l'instrument ; la lame de gauche communique avec le ressort-lame *a*, et l'autre avec la terre.

Le piston de droite a deux entailles : l'une à gauche et l'autre devant ; il s'enfonce entre trois lames de cuivre dont deux sont parallèles aux côtés du manipulateur, et la troisième, en avant, est perpendiculaire à celles-ci. La première lame communique avec la ligne, la seconde avec le ressort-lame *b*, et la troisième avec la borne R, c'est-à-dire le récepteur.

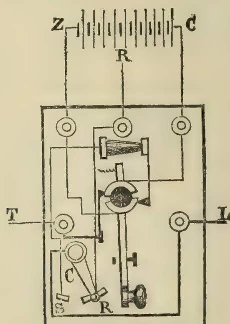
Dans la position de réception, le piston de droite relevé est pressé par la troisième lame et la lame de droite, réunissant ainsi la ligne et le récepteur. Le piston de gauche abaissé touche à la lame de droite qui est reliée

à la terre ; les deux ressorts *a* et *b*, correspondant aux deux côtés de la pile, restent isolés.

Dans la position de transmission, le piston de droite est abaissé, celui de gauche relevé, et la lame reliée au récepteur seule demeure isolée ; le ressort *b*, qui appuie sur le contact 3 (zinc), est en communication avec la ligne, et le ressort *a*, qui appuie sur le contact 2 (cuivre), avec la terre.

Le manipulateur, comme dans l'autre instrument, déplace les deux ressorts-lames *a* et *b*, envoie le cuivre à la ligne et le zinc à la terre. Les lames correspondant à la terre et à la ligne pressent toujours contre les manchons des pistons.

Manipulateur de Varley. — Enfin, on peut également employer le manipulateur inverseur de Varley. C'est un levier terminé par un disque, dont les deux moitiés sont

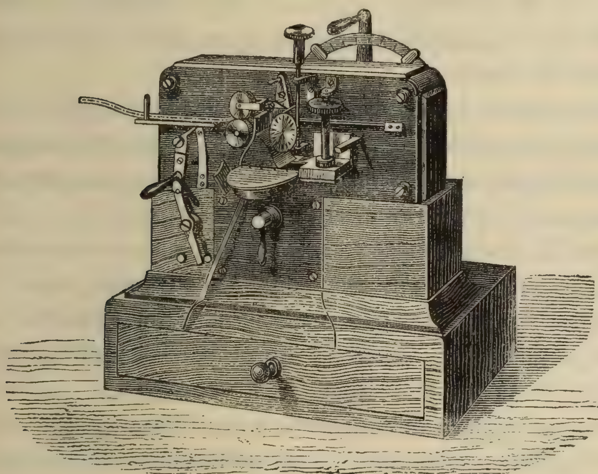


isolées l'une de l'autre : l'une des moitiés est reliée au pôle zinc, l'autre au pôle cuivre de la pile ; des ressorts reliés respectivement, l'un à la terre, l'autre au contact d'émission S (*send*, transmettre) du commutateur C, frottent contre chaque moitié du disque. La manette du commutateur C est reliée à la ligne et le second contact R

au récepteur. Quand le commutateur est sur la position d'émission S, on envoie sur la ligne un courant positif ou négatif, selon que le manipulateur est ou non abaissé.

IV. — Le récepteur (Pl. XIV et XV).

Le récepteur est représenté dans son ensemble dans la figure ci-dessous; les détails sont figurés dans les Pl. XIV et XV.



Ses dimensions sont à peu près les mêmes que celles du transmetteur. L'instrument repose sur un socle muni d'un tiroir, dans lequel tourne un large rouet métallique à une joue, sur lequel est enroulée la bande de papier. On ne peut enlever le rouet qu'en dévissant le fond du tiroir. Le papier est guidé, dans son mouvement, par deux galets en bois dont les axes sont supportés par des ressorts-lames en cuivre, vissés sur les parois du tiroir.

Le papier sort du tiroir par l'avant, à travers une fente pratiquée sur la gauche du socle, passe entre le guide G (Pl. XIV, *fig.* 1), et une pièce de cuivre contournée en forme de S, et percée d'un regard en face de la molette recouverte, ainsi que le disque encreur, par le capuchon O qui surmonte la cuvette à encre Y, puis s'engage entre la molette et une goupille d'acier dont la tête est taillée en biseau, afin de faciliter l'introduction du papier ; c'est là que se produit l'impression. Enfin, il est entraîné par un laminoir composé du cylindre d'entraînement *r* et de la roue de frottement *r'*, et sort par la gauche, en passant sur un rebord en cuivre muni d'un tourillon qui guide sa marche.

Le guide G est une grosse cheville de cuivre, à tête large, plate et de forme trapézoïdale ; cette cheville traverse la platine de l'appareil et se visse dans un écrou en cuivre fixé à l'intérieur de la platine.

Sur le socle repose une caisse en bois contenant les organes électriques du récepteur ; au-dessus se trouve le moteur renfermé entre deux platines ; sur l'avant de la platine antérieure sont fixées la plupart des pièces composant le mécanisme imprimeur.

Sur le derrière de l'appareil, on voit l'arc gradué et le bras mobile servant au réglage de la vitesse de déroulement ; au-dessus de l'encrier, le disque denté et divisé engrenant avec une vis micrométrique et servant au réglage de l'électro-aimant ; à droite de la vis micrométrique, une tige munie d'un gros bouton fileté et supportant le réservoir d'encre ; au-dessous de celui-ci, une manette N, qui, à l'aide d'une petite fourchette, permet de faire fonctionner à la main l'armature de l'électro-aimant et de reconnaître ainsi si l'instrument est dans de bonnes conditions. Enfin, sur la gauche de l'appareil,

le levier *déclancheur* du mouvement d'horlogerie; ce levier réagit en même temps sur le commutateur K, qui établit automatiquement la communication de la ligne avec le récepteur dès que l'appareil est mis en marche, et celle de la ligne avec la sonnerie dès qu'on arrête le mouvement.

Nous examinerons séparément :

1° Les organes électriques de l'instrument;

2° Le mécanisme imprimeur;

3° Le moteur.

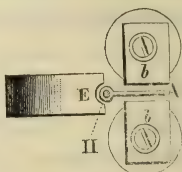
1° Organes électriques.

Électro-aimant. — Les organes électriques sont renfermés dans la caisse en bois comprise entre les platines, contenant le mouvement d'horlogerie, qui forment la partie supérieure de l'instrument, et le socle contenant le rouleau de papier-bande, qui forme sa partie inférieure.

L'électro-aimant du récepteur est un électro-aimant à armatures polarisées ; les deux bobines, dont le fil recouvert est protégé par un manchon de papier noirci, sont placées debout au milieu de la caisse; les extrémités des noyaux de fer doux sont munies d'appendices polarisés *a* et *b* (Pl. XVI), entre lesquels se meuvent les palettes formant les armatures.

L'aimant permanent E (Pl. XIV, *fig.* 2), en forme de fer à cheval, est placé debout entre les deux bobines et derrière elles. Il est fixé en haut et en bas par des bâtis de cuivre vissés sur la caisse de l'appareil, dont il traverse la partie supérieure par une ouverture ménagée à cet effet. Chaque pôle de l'aimant présente une échancrure demi-circulaire, dans laquelle oscille librement une palette de fer doux. Cette disposition est visible en

projection horizontale dans la figure ci-dessous. Les deux palettes A et B (Pl. XIV, *fig.* 2) sont réunies par la tige verticale en cuivre H, qui forme leur axe commun. Cette



tige repose, par son extrémité inférieure, sur un pont muni d'un contre-pivot en acier; son autre extrémité est encastrée dans un autre pont fixé sur la platine antérieure. L'aimant magnétise par influence les palettes, développe un pôle de sens contraire dans le partie de la palette la plus voisine et un pôle de même nom dans la partie la plus éloignée, celle comprise entre les appendices polaires des noyaux de l'électro-aimant.

La palette inférieure est munie d'une petite tige inclinée vers le bas, qui, dans son mouvement, vient buter contre deux vis d'arrêt placées de chaque côté pour limiter l'amplitude des oscillations des palettes et les empêcher de venir au contact des appendices ou plaques polaires.

Lorsque aucun courant ne traverse les bobines, les palettes restent dans la position où elles ont été placées par le dernier courant envoyé sur la ligne; elles ne changent de position que par l'envoi d'un courant inverse. Supposons que l'aimant permanent ait son pôle nord en haut et son pôle sud en bas; par influence, la palette supérieure présentera un pôle nord entre les deux appendices polaires supérieurs de l'électro-aimant et la palette inférieure un pôle sud. Alors, si un courant positif venant de

la ligne, traverse la bobine de droite, de manière à donner aux appendices des polarités nord en haut et sud en bas, et la bobine de gauche, de manière à donner aux appendices placés en regard des polarités contraires, les palettes seront repoussées par la bobine de droite et attirées par celle de gauche; leur axe tournera de droite à gauche et déplacera vers la gauche la molette qui suit ses mouvements et s'applique sur le papier. Il se produira un signal qui continuera jusqu'à ce que l'arrivée d'un courant négatif déplace les palettes et la molette vers la droite.

L'axe des palettes H se prolonge en haut au delà de l'aimant permanent, et porte à son extrémité supérieure un bras horizontal *h* qui se dirige vers la platine antérieure P (Pl. XIV, *fig.* 2), et se termine par une petite entaille dans laquelle passe l'axe de la molette *m*. Le bras est garni, sur toute sa longueur, d'un ressort-lame qui se recourbe comme lui et vient fermer l'entaille. De cette façon, l'axe de la molette suit exactement le mouvement des palettes; enfin, l'axe H porte un second bras *n* situé au-dessous de *h* et dans le même plan vertical que ce dernier, auquel est fixé un léger ressort en spirale r'' (Pl. XIV, *fig.* 3), attaché d'autre part à l'un des anneaux de la partie horizontale de la chaîne de réglage qui passe au-dessous de lui.

La palette inférieure porte une petite goupille verticale qui s'engage entre les deux branches d'une fourche formée de deux fils de laiton flexibles et que l'on peut faire mouvoir à l'aide de la manette N (Pl. XIV, *fig.* 1), qui occupe sur le devant de l'appareil le milieu d'une grande plaque carrée en laiton fixée par quatre vis et recouvrant la partie de la caisse occupée par les bobines. En faisant osciller la manette, on donne aux palettes un mou-

vement analogue à celui qui doit être produit par les courants de la ligne; on vérifie ainsi si le mouvement des palettes est bien libre et si la molette qui doit produire l'impression est convenablement placée (puisque le mouvement des palettes se communique à la molette), et par suite, en agissant sur la manette, on rapproche ou éloigne la molette du papier, comme le feraient les palettes elles-mêmes sous l'action des courants.

La moulure qui sépare la caisse renfermant les organes électro-magnétiques de celle du tiroir est mobile sur deux charnières, dans la partie qui se trouve au-dessous de la plaque carrée de laiton; cette partie peut s'abaisser en retirant le tiroir et déplaçant une languette de cuivre placée sous la caisse; on peut alors dévisser la plaque et vérifier l'état de l'électro-aimant.

Réglage de l'électro-aimant. — L'emploi des électro-aimants polarisés a l'avantage de supprimer le ressort de rappel indispensable dans les récepteurs ordinaires pour ramener l'armature à la position de repos. Dans le récepteur Wheatstone, le mouvement des palettes, dans un sens ou dans l'autre, est produit par l'émission de courants de sens contraires; aucun réglage ne serait donc nécessaire si la ligne était uniquement parcourue par les courants émis par l'appareil. Mais s'il y a sur la ligne des courants étrangers (courants naturels, dérivations d'un fil sur l'autre), ces courants produisent dans l'électro-aimant une petite aimantation qui tendra à attirer les palettes dans un sens plutôt que dans l'autre, et il n'y aura pas équilibre dans l'action exercée par les noyaux de fer doux sur les palettes, quand celles-ci sont à égale distance des appendices polaires. Si la ligne est parcourue, par exemple, par un courant naturel positif, ce courant s'ajoutera au courant positif émis par le correspon-

dant et diminuera le courant négatif envoyé pour espacer les signaux. Pour rétablir l'égalité d'effet des deux courants, il faudra exercer sur les palettes une tension mécanique qui diminue l'action prédominante du courant positif et favorise celle du courant négatif. Tel est le but du réglage de l'électro-aimant.

Une petite chaîne d'acier très-fine, dite *chaîne de réglage*, après avoir passé horizontalement sous deux galets *g* fixés sur des équerres attachées à la platine antérieure P, remonte s'enrouler autour d'un tambour Q en cuivre, à l'intérieur duquel les deux extrémités de la chaîne, qui y pénètrent par une ouverture pratiquée sur le pourtour, sont solidement fixées par deux vis très-serrées. A la partie horizontale de la chaîne est attaché le ressort r'', relié d'autre part au bras du levier *h*, solidaire de l'axe des palettes (*fig.* 3, Pl. XIV).

L'axe du tambour Q passe à frottement doux dans le manchon M, qui traverse la platine antérieure au-dessus du réservoir d'encre, et est muni, à l'avant de cette platine, d'un épaulement destiné à assurer sa fixité. Cet axe se termine par le disque en cuivre gradué D, visible dans les *fig.* 1, 2, 3 de la Pl. XIV, et garni, sur son pourtour, d'une série de dents qui engrènent avec la vis sans fin V' placée à sa droite et dont la tige, supportée par une équerre fixée à la platine, se termine en haut par un bouton et repose en bas sur un contre-pivot en acier, vissé aussi sur la platine.

Le disque denté D porte deux séries de divisions occupant environ les deux tiers de sa circonférence et graduées de 0 à 40 de chaque côté du zéro. Un petit index *i* en acier, fixé à la platine au-dessus du disque, sert de repère. Quand le zéro se trouve en regard du repère, les palettes sont dans la position qu'elles doivent occuper

entre les appendices polaires pour qu'il y ait équilibre quand aucun courant ne traverse les bobines ; le ressort à boudin r'' est alors vertical.

Lorsqu'on tourne le bouton de la vis V', de façon à faire mouvoir le disque gradué vers la gauche, le tambour entraîne la chaîne, dont la partie horizontale est tirée vers la droite et tend, dans cette direction, le ressort en spirale r'', qui exerce alors sur les palettes une traction vers les appendices polaires de droite. Si donc les palettes avaient auparavant une tendance à rester sur les appendices polaires de gauche, en retenant la molette m au contact du papier, et prolongeant par suite les signaux, elles s'écarteront maintenant plus vivement sous l'action du courant inverse.

Si, au contraire, les signaux sont un peu raccourcis, on fait tourner le disque vers la droite ; le ressort r'' est alors tiré vers la gauche et les palettes ont une tendance à aller du côté gauche, ce qui facilite l'action du courant positif.

Le disque gradué porte la lettre M (*mark*, impression) sur la partie de la graduation à gauche du zéro, et la lettre S (*space*, intervalle), dans celle qui est à droite, pour indiquer que, lorsque les divisions de gauche passent sur le repère, on favorise l'action du courant imprimeur et que, quand ce sont celles de droite, on favorise l'action du courant espaceur.

Ce disque porte, en outre, au-dessous du zéro, une petite vis dont la tête fait saillie sur sa surface postérieure. Quand l'une des divisions extrêmes (40) de la graduation est arrivée en regard de l'index, cette vis vient buter contre l'une ou l'autre des deux vis qui fixent à la platine l'épaulement du manchon M. De cette façon, en tendant la chaîne dans un sens ou dans l'autre, on est

forcément arrêté avant de dépasser la limite de tension du ressort et celle de la chaîne, et l'on ne risque pas de briser cette dernière.

La chaîne de réglage servira de ressort antagoniste, si l'on veut faire fonctionner le récepteur sous l'action d'un seul courant, du courant positif, par exemple. L'action du courant négatif sera remplacée alors par une tension suffisante exercée sur la chaîne, en plaçant sous l'index une division convenable du côté S de la graduation.

Communications électriques. — Parmi les divers types existants du récepteur de l'appareil Wheatstone, les uns sont destinés uniquement à la transmission simple, les autres peuvent servir à volonté à la transmission simple et à la transmission simultanée en sens contraire.

Les premiers n'ont que quatre bornes fixées sur l'arrière de la caisse contenant les organes électriques (Pl. XVI). Elles portent sur la figure les lettres L, S^1, S^2 et T (*).

Extérieurement, la première borne à partir de la gauche est reliée à la borne *r* du manipulateur; la seconde et la troisième sont reliées respectivement aux deux bornes de la sonnerie, la quatrième avec la terre.

Le commutateur K est destiné à mettre la ligne en communication soit avec le récepteur, soit avec la sonnerie. La languette mobile K est reliée à la borne L; le contact R, avec le fil d'entrée de la bobine de gauche du récepteur, le fil de sortie de la bobine de droite arrivant à la borne de terre T. Le contact S est relié à la borne S^1.

Ajoutons que la borne S^2 est reliée à la borne T, et nous aurons l'ensemble des communications *intérieures*.

(*) Sur les appareils ce sont les lettres D, U, D, U; D, abréviation de *down-line* (ligne descendante ou ligne), U, abréviation de *up-line* (ligne montante, fil de retour ou terre). Sur quelques appareils la lettre D est mise pour la lettre U et inversement.

Dans les récepteurs destinés à pouvoir être utilisés à la fois pour la transmission simple et la transmission double, les bobines sont construites de façon à servir à volonté comme bobines simples ou comme bobines différentielles. Pour cela, chacun des noyaux renferme deux bobines distinctes placées verticalement l'une au-dessus de l'autre. On a donc en tout quatre bobines, dont deux supérieures et deux inférieures, ayant toutes leurs fils enroulés dans le même sens, et les huit extrémités libres des fils sont reliées de façon que le courant puisse les parcourir à volonté successivement ou différentiellement.

Outre les quatre bornes existant déjà dans les récepteurs simples, les nouveaux récepteurs en renferment trois autres placées au-dessus des premières. Elles sont indiquées sur la planche par les lettres L^1, L^2, T^1.

Extérieurement, la borne L^1 est reliée directement à la ligne, la borne L^2 avec la borne-ligne du transmetteur et la borne T^1 avec le rhéostat circulaire, employé pour la transmission double, et le condensateur.

Intérieurement, la borne L^1 est reliée d'une part au contact R du commutateur K, et d'autre part au fil extérieur de la bobine inférieure de gauche (communication 1); la borne L^2 est reliée, d'une part avec le fil extérieur de la bobine supérieure de gauche, et d'autre part avec le fil extérieur de la bobine inférieure de droite (communications 2 et 3); la borne T^1 est reliée à la borne T par un fil placé sous la planchette et qu'on double par précaution d'un fil placé au-dessus; la borne T est reliée elle-même au fil extérieur de la bobine supérieure de droite (communication 4).

Les quatre autres bouts des fils, ou fils intérieurs, sont reliés deux à deux; ceux des bobines supérieures en-

semble et ceux des bobines inférieures également ensemble.

Dans la transmission simple, le courant arrivant à la borne L du récepteur, vient dans le commutateur K au contact R; à la borne L^1, suit le fil de la bobine inférieure de gauche, celui de la bobine inférieure de droite arrive à la borne L^2, traverse successivement la bobine supérieure de gauche et celle de droite et va à la terre par la borne T. Parcourant dans le même sens les deux bobines placées sur chacun des noyaux, l'effet produit est le même qui si l'électro-aimant eût été construit dans les conditions habituelles.

Dans la transmission double, le courant envoyé par le transmetteur doit traverser le récepteur du poste qui transmet, sans agir cependant sur son électro-aimant; le courant émis sur la ligne arrive à la borne L^2, où il se bifurque et parcourt les bobines de manière à agir différentiellement; quant au courant reçu de la ligne, il entre aussi dans les bobines par la borne L^1.

Dans les appareils en usage, chacune des quatre bobines partielles a une résistance d'environ 190 unités Siemens, en sorte que la résistance totale de l'électro-aimant fonctionnant en transmission simple est de 760 unités.

2° Mécanisme imprimeur.

Au centre de l'appareil (Pl. XIV, *fig.* 1) est placé le réservoir d'encre Y, dans lequel plonge, en tournant, le disque encreur *d* (Pl. XIV, *fig.* 2, et Pl. XV). Au-dessus de ce disque, dont le diamètre est de $0^m,020$ environ, tourne la molette *m* dont le diamètre est de $0^m,006$;

les deux disques sont dans le même plan vertical, et la distance de leurs circonférences, comptée sur la ligne des centres, est seulement d'un demi-millimètre. Le disque encreur, en tournant dans le réservoir, prend sur son pourtour, par attraction capillaire, une petite couche d'encre suffisante pour remplir cet intervalle, en sorte que la molette *m* prend sans frottement, sur le pourtour du disque encreur, la quantité d'encre nécessaire à l'impression des signaux. Le disque encreur et la molette sont montés à frottement dur sur leurs axes respectifs, munis d'ailleurs, dans le voisinage de la platine extérieure P, d'un petit épaulement qui les empêche de se déplacer horizontalement. Le trou par lequel l'axe de la molette traverse cette platine a un diamètre un peu plus grand que celui de cet axe, afin que celui-ci puisse obéir aux déplacements alternatifs vers la droite et vers la gauche qui lui sont communiqués par l'axe des palettes de l'électro-aimant.

Le mouvement d'horlogerie de l'appareil transmet aux deux disques une rotation continue et dans le même sens pour les deux. La transmission du mouvement s'effectue de la façon suivante : le quatrième mobile (Pl. XV et Pl. XIV, *fig.* 3) porte une roue dentée en cuivre, engrenant avec une roue dentée située un peu à droite et au-dessous de la première, sur l'axe n° 5, qui porte en outre un pignon. Celui-ci transmet le mouvement à l'axe du disque encreur n° 6, tandis que la roue dentée le transmet à l'axe de la molette n° 7. Il en résulte que la molette et le disque encreur tournent dans le même sens, de droite à gauche. Le cylindre d'entraînement du papier *r* (*fig.* 1, Pl. XIV et Pl. XV), qui est monté sur l'axe n° 4, tourne également dans ce sens. Par suite le papier et la molette ont un mouvement dirigé en sens inverse aux points où la molette

vient toucher le papier, ce qui donne plus de netteté à l'impression.

Le réservoir d'encre Y a sa partie antérieure munie d'un couvercle plat à charnière *y*; sa partie postérieure est recouverte par le capuchon fixe O, qui protége la molette et le disque encreur. Le couvercle et le capuchon s'enlèvent en dévissant une grosse vis, visible au-dessous de la longue tige de réglage de l'électro-aimant. On voit alors le disque encreur. Le réservoir Y lui-même se prolonge par une queue en cuivre *p*, qui s'ajuste sous une large équerre *q*, fixée à la platine. Une grande tige V^2, terminée à sa partie supérieure par un bouton fileté, a sa partie inférieure munie d'un pas de vis qui traverse l'équerre *q* et la plaque *p*, permettant ainsi de serrer fortement le réservoir contre l'équerre.

Le quatrième mobile porte sur l'avant le cylindre entraîneur du papier *r*. Ce cylindre, légèrement évidé pour diminuer son poids, porte un rebord derrière lequel on trouve la goupille d'acier sur laquelle s'applique le papier dans le passage où se fait l'impression. Sur le cylindre *r* appuie la roue de frottement *r'*, portant au milieu de sa gorge un rainure pour laisser passer les signaux sans les effacer. Un ressort plat en acier *u* presse de bas en haut sur le prolongement de la chape qui porte la roue *r'*. Un levier *j* appuyant, par son extrémité inférieure taillée en biseau sur le biseau qui termine le prolongement de cette même chape, permet de la faire basculer et de séparer ainsi, à volonté, la roue de frottement du cylindre d'entraînement.

3° **Moteur** (Pl. XV).

Le récepteur n'ayant pas besoin d'une régularité de mouvement aussi parfaite et d'une force motrice aussi grande que le transmetteur, a pour moteur un ressort renfermé dans un barillet, que l'on remonte à l'aide d'une clef semblable à la clef du remontoir du transmetteur. Le barillet transmet le mouvement à une série de mobiles.

Réglage de la vitesse. — Le quatrième mobile porte, en arrière de la platine postérieure P', une grande roue en cuivre *f* (*fig.* 4, Pl. XIV), dite *roue de champ*, et dont les dents sont disposées comme le montre la *fig.* 4. Cette roue fait mouvoir à sa gauche un pignon dont l'axe porte en outre un disque vertical d'acier poli d^1, d'un diamètre de $0^m,018$. Cet axe est supporté par un cadre fixé à l'extrémité d'un levier articulé *l*, semblable à celui du transmetteur, et permettant de rapprocher ou d'éloigner de l'axe de la roue de champ le point de contact des dents de cette roue avec celles du pignon, et par suite, le disque d'acier *d*. Celui-ci fait mouvoir par frottement un second disque d^2 tournant dans un plan horizontal, c'est-à-dire dans un plan perpendiculaire au plan du disque d^1.

Le disque d^2 est placé à l'extrémité de l'axe du volant V. Plus le disque d^1 se trouve éloigné de l'axe de d^2, plus on augmente le bras de levier de la puissance ; la portion de force motrice de l'appareil employée à vaincre la résistance offerte par le volant diminue alors, et par suite la vitesse de l'appareil augmente.

Ce sera l'inverse, si l'on rapproche le disque d^1 de l'axe de rotation de d^2.

Le volant est semblable à celui du transmetteur.

Arrêt du mouvemcnt. — L'arrêt du mouvement s'effectue à l'aide de la manette X, placée sur la gauche de la platine antérieure (*fig.* 1, Pl. XIV). Cette manette fait mouvoir un levier muni d'une goupille qui vient rencontrer une autre goupille fixée à un manchon porté par l'axe du volant.

La manette X porte à sa partie inférieure, laquelle est en ébonite, une entaille dans laquelle entre une goupille fixée à l'extrémité supérieure du levier du commutateur K, de sorte qu'en mettant l'appareil en marche, ou arrêtant son mouvement, on met du même coup automatiquement la ligne sur récepteur ou sur sonnerie.

On retrouve dans le récepteur, comme dans le transmetteur, le tambour T (Pl. XV), protégeant la roue de champ *f* et le disque d^1 (Pl. XIV, *fig.* 4); le bras M (Pl. XIV, *fig.* 1) mobile sur un arc divisé, pour graduer la vitesse.

Enfin les diverses pièces du moteur sont également protégées par des platines ou des glaces retenues au moyen de coulisses de cuivre.

V. — Installation d'un poste (Pl. XVI).

Aux appareils que nous venons de décrire il faut ajouter, pour compléter l'installation d'un poste, le paratonnerre, le galvanomètre, la sonnerie et le rhéostat de compensation. Pour la transmission double, ce dernier peut être supprimé, mais il faut encore le rhéostat et le condensateur formant la ligne artificielle locale en usage dans le *duplex system*. La Pl. XVI représente l'installation d'un poste disposé de manière à travailler soit en transmission simple, soit en transmission double, par le simple déplacement des deux chevilles d'un commutateur général à huit lames séparées par quatre trous.

Nous étudierons séparément la marche du courant dans la transmission simple et dans le *duplex system.*

Transmission simple.

On enfonce les deux chevilles dans les deux trous situés entre les lames 1 et 5, 2 et 6 du commutateur général.

Transmission automatique. — On ouvre le transmetteur, et la manette qui fait déclancher le mouvement d'horlogerie place du même coup le commutateur du transmetteur dans la position indiquée sur la Pl. XVI, ce qui intercepte la communication des pôles de la pile et de la ligne avec le manipulaleur. On pourra donc agir sur le manipulateur et son commutateur particulier sans troubler le travail. Les courants envoyés par le transmetteur sortent de l'instrument par la borne L, la lame 6 du commutateur général, la lame 2, le galvanomètre, le paratonnerre et la ligne.

On a étudié le mécanisme des courants de compensation produits par le passage de courants normaux à travers le rhéostat de compensation.

Transmission manipulée. — On ferme le transmetteur, ce qui déplace vers la droite la barre E du commutateur particulier de cet instrument et établit la communication du manipulateur avec la ligne et les pôles de la pile. Puis on met le commutateur particulier D du manipulateur sur la position de transmission Tr. Le courant négatif est alors envoyé d'une façon permanente sur la ligne, tant que le levier du manipulateur est au repos; en abaissant ce levier, on envoie un courant positif permanent tant que dure l'abaissement. Le courant part de la borne *l* du manipulateur, arrive à la borne L^1 du trans-

metteur et, de là en L par le levier b, puis il suit le chemin déjà indiqué par les lames 6 et 2, le galvanomètre, etc.

Réception. — Dans la réception, le transmetteur doit toujours être fermé, ce qui met la ligne en communication avec le manipulateur, qui fait alors toujours partie du circuit, et dont la manette du commutateur doit être forcément sur réception, que la transmission reçue soit automatique ou manipulée.

Le courant de la ligne entre par le paratonnerre, suit le galvanomètre, les lames 2 et 6 du commutateur général, vient à la borne L du transmetteur, passe à la borne L′, puis à la borne l du manipulateur, au contact s, à la borne r, d'où il va à la borne L du récepteur, à la manette K et à l'électro-aimant du récepteur ou à la sonnerie, suivant la position qu' occupe cette manette, et enfin à la terre par la borne T et les lames 1 et 5.

Remarquons que quand l'un des postes transmet, l'autre doit toujours être sur réception, et que, par suite, il est impossible de couper la transmission de son correspondant. Le poste qui transmet pourrait cependant reconnaître que son correspondant lui envoie un courant en intercalant un galvanomètre entre sa pile et son transmetteur.

Transmission double.

Le système de transmission double appliqué à l'appareil Wheatstone est le système à récepteur différentiel. Les courants envoyés par le poste de départ traversent son propre récepteur en parcourant en sens inverse les deux circuits qui constituent l'électro-aimant différentiel et dont l'un communique avec la ligne et le poste corres-

pondant, et l'autre avec une ligne artificielle locale. Celle-ci est formée : 1° de rhéostats offrant une résistance égale à celle de la ligne réelle, plus celle du récepteur qui la termine ; 2° de condensateurs disposés de façon à reproduire dans le second circuit des courants de charge et des courants de décharge (ou de retour) identiques à ceux qu'on observe sur le circuit de la ligne réelle. Le récepteur employé est donc le récepteur à électro-aimant que nous avons décrit et qui, outre les quatre bornes L, S^1, S^2 et T, est encore munie des trois bornes L^1, L^2 et T^1.

Les deux chevilles du commutateur général sont placées entre les lames 3 et 7, 4 et 8. Le courant envoyé par le transmetteur sort par la borne L, traverse les lames 8 et 4, et arrive à la borne L^2, où il se bifurque : une moitié entre dans l'électro-aimant par le fil 2, traverse les bobines supérieures, sort par le fil 4 et se rend par la borne T sur la ligne artificielle (rhéostats et condensateur) ; l'autre suit le fil 3, traverse les bobines inférieures de l'électro-aimant, et sort par la borne L^1, les lames 7 et 3 du commutateur général, le galvanomètre et le paratonnerre.

Le courant envoyé par la station correspondante suit le chemin inverse de cette seconde moitié, c'est-à-dire le paratonnerre, le galvanomètre, les lames 3 et 7, entre dans le récepteur par la borne L^1, suit le fil 1, traverse les bobines inférieures, suit le fil 3, et par la borne L^2 (prenant le chemin qui lui offre le moins de résistance) traverse les lames 4 et 8, vient à la borne L du transmetteur ouvert, d'où il se rend à la terre par la pile de ce dernier.

Parcourant ainsi le même circuit qu'une des moitiés du courant envoyé par le transmetteur, il détruit ce dernier

ou s'ajoute à lui et, par conséquent, annule ou double son effet sur la partie de l'électro-aimant qu'il traverse. Dans le premier cas, l'électro-aimant fonctionnera sous l'action de l'autre moitié du courant émis; dans le second cas, l'électro-aimant fonctionnera encore, puisque le courant qui traverse un des circuits est double de celui qui traverse l'autre circuit en sens contraire.

Le fonctionnement régulier du récepteur exige que l'action résultante exercée sur son électro-aimant soit toujours la même, et pour cela il est indispensable que les circuits parcourus par les courants émis ou reçus présentent toujours la même résistance, dans toutes les positions que peut occuper le transmetteur. Dès lors il est clair qu'on ne peut pas faire usage de la compensation, puisqu'elle s'opère par le passage du courant émis à travers les résistances, et qu'elle a pour effet d'affaiblir ce courant. On réduira donc à zéro la résistance de ce rhéostat ou l'on réunira en court circuit les bornes Rh^1 et Rh^2. De cette façon la ligne sera constamment en communication directe avec l'un ou l'autre pôle de la pile, et les courants d'arrivée iront toujours à la terre en traversant cette pile. Cette condition est parfaitement remplie avec le transmetteur *nouveau modèle;* il n'en est pas ainsi avec le transmetteur *ancien modèle*, où, dans certaines positions du balancier, la ligne se trouve isolée de la pile et mise à la terre par la résistance de compensation, c'est-à-dire sans aucune résistance, si celle-ci est réduite à zéro. Aussi le transmetteur ancien modèle n'est-il pas employé dans la double transmission (*).

Il est évident d'ailleurs qu'on ne peut employer pour la transmission double le système à *courants intermit-*

(*) Il pourrait cependant être utilisé dans les cas où il n'est pas indispensable de tenir compte de la résistance de la pile.

tents, puisqu'à certains moments la ligne se trouverait isolée au départ. Le système à *courants permanents* est donc le seul qui convienne, parce que la ligne, au départ comme à l'arrivée, est sans cesse en communication avec la pile des deux postes.

Enfin le manipulateur doit toujours être laissé dans la position de transmission. Remarquons d'abord que la position de réception est inutile, puisque, dans la transmission double, le transmetteur est relié directement au récepteur, sans l'intermédiaire du manipulateur. En second lieu, le manipulateur étant dans la position de transmission, on pourra, sans inconvénient, fermer le transmetteur; car le courant d'arrivée passant de la borne L du transmetteur à la borne L^1 et de là à la borne *l* du manipulateur, rencontrera le courant négatif ou positif de la pile, suivant que le levier du manipulateur est au repos ou abaissé, et par suite trouvera toujours la terre par l'intermédiaire de cette pile. Si, au contraire, le transmetteur étant fermé, le manipulateur était mis sur réception, le courant d'arrivée, au lieu de se rendre de la borne L^1 à la borne L^2 du récepteur, en suivant le fil 1, les bobines inférieures et le fil 3, passerait par le circuit sans résistance qui lui est offert par la borne R, le commutateur K et la borne L du récepteur, puis dans le manipulateur par la borne *r*, la plaque *s*, le commutateur D et la borne *l*, ensuite dans le transmetteur par L^1 et L, et arriverait à la borne L^2 du récepteur en passant par les lames 8 et 4. Arrivé en L^2, il traverserait les bobines supérieures et irait à la terre par le rhéostat et la ligne artificielle, ce qui doublerait la résistance totale du circuit et réduirait, par conséquent, de moitié l'intensité du courant. Cet inconvénient n'existerait pas si le courant n'avait pas trouvé le court circuit par le com-

mutateur K; car le courant aurait traversé alors dans le même sens la totalité des bobines de l'électro-aimant, ce qui aurait doublé son effet magnétique et compensé par conséquent la réduction de son intensité par suite de l'accroissement de résistance introduit dans son circuit par l'addition de la ligne artificielle.

En résumé, pour la transmission double il faut :

1° Employer un récepteur différentiel;

2° Employer un transmetteur nouveau modèle;

3° Réduire à zéro la résistance du compensateur;

4° Laisser le manipulateur constamment sur transmission.

Le réglage des résistances et condensateurs formant la ligne artificielle se fait suivant les règles ordinaires de la transmission double.

Fonctionnement en local.

Pour vérifier l'établissement des communications dans le poste, on fait fonctionner l'appareil *en local.*

1° On détache le fil aboutissant à la borne L du transmetteur et l'on relie à cette borne le fil qui aboutit à la borne L^1, laissant celle-ci isolée. Si l'on met alors une cheville entre les lames 1 et 5 du commutateur général, le manipulateur étant d'ailleurs sur réception, on recevra dans le récepteur la transmission automatique. Le courant, en effet, se rendra de L aux bornes *l* et *r* du manipulateur, parcourra toutes les bobines du récepteur et ira à la terre par les lames 1 et 5.

Pour essayer la transmission manipulée, on détachera le fil *l* du manipulateur et l'on joindra par un fil volant les bornes *l* et *r*.

2° Ou, sans détacher aucun fil, on réunira simple-

ment par des chevilles les lames 1 et 5, 4 et 8 du commutateur général. Les courants venant de la borne L du transmetteur viendront en L^2 du récepteur par 8 et 4, traverseront les bobines supérieures seulement et, par la borne T et les lames 1 et 5, iront à la terre. Mais on ne vérifie ainsi qu'une moitié des bobines du récepteur.

En usant de ces deux moyens, il faut avoir soin de diminuer la pile pour ne pas s'exposer à brûler les bobines du récepteur.

Si l'on veut conserver la pile ordinaire, il faut intercaler dans le circuit de la pile une résistance égale à celle de la ligne. On se servira du rhéostat de la ligne artificielle et l'on se bornera à réunir par des chevilles les lames 2 et 6, 3 et 7 du commutateur général. Le courant, après avoir traversé les bobines de l'électro-aimant, prendra terre par la borne T et le rhéostat. L'introduction d'une résistance remplaçant la ligne dans le circuit rend l'emploi de la compensation nécessaire pour obtenir une bonne réception.

VI. — Organisation du service.

Nous terminerons cette étude en exposant sommairement comment il convient de distribuer le personnel, d'installer les appareils et de répartir le travail, pour éviter le désordre et la confusion résultant de l'accumulation des dépêches, partant, les erreurs et les pertes de télégrammes qui en seraient la conséquence, et rendre le maniement des instruments aussi aisé et aussi commode que possible.

1° L'employé qui doit diriger le travail se place au milieu d'une table, ayant en face de lui le galvanomètre

et le commutateur. A sa droite se trouve le transmetteur avec le rhéostat de compensation et le manipulateur; puis le paratonnerre et au besoin le condensateur, qu'il n'est pas aussi nécessaire d'avoir à sa portée. A sa gauche sont le récepteur, la sonnerie et le rhéostat pour la transmission double.

Cet employé est spécialement chargé du réglage et de l'entretien des appareils, de l'installation du fil de ligne et de toutes les vérifications du poste et de la ligne.

Il tient un procès-verbal de la transmission et de la réception des séries et y mentionne les incidents de quelque importance.

Il y inscrit le numéro des séries transmises, avec l'heure de transmission, puis celle de réception qui lui est donnée par le correspondant. Sur la même feuille et en regard, il enregistre les séries reçues en y joignant les mêmes indications, c'est-à-dire l'heure de la réception et celle de la fin de la traduction.

Il porte l'heure de transmission sur les dépêches qu lui sont remises par les employés chargés de la perforation. Il effectue lui-même la composition ou la perforation, ou la transmission avec le manipulateur, des réceptions, rectifications et autres renseignements nécessaires.

Il place sur le transmetteur, et en suivant leur ordre régulier, les bobines de bois sur lesquelles sont enroulées les séries perforées.

Enfin, il prend à sa sortie du récepteur le bout de bande qui commence chacune des séries que l'on reçoit, le fixe sur des pique-notes disposés à sa gauche et s'assure qu'il ne manque aucune série.

2° Les employés, chargés de la perforation, se placent à la droite du transmetteur, et sur une table distincte de celle des appareils.

Ils ont soin, en perforant, de faire précéder chaque série du numéro d'ordre qu'elle doit porter, et suivre chaque dépêche de son collationnement; pendant l'opération, la bande tombe dans des corbeilles; ils la reprennent à la fin de l'opération, pour l'enrouler sur les bobines au moyen du rouet à main, de telle sorte que le commencement réel de la série se trouve à la circonférence. Puis ils inscrivent les dépêches ainsi préparées sur leur procès-verbal, avec le numéro d'ordre de la série et l'heure de la perforation.

Après avoir apposé leur signature sur les dépêches, ils les mettent dans des enveloppes numérotées d'avance qu'ils déposent avec les bobines elles-mêmes à portée de l'employé qui dirige le service.

3° Les employés traducteurs se placent à la gauche du récepteur, et, comme dans la réception Morse ordinaire, ils écrivent les dépêches et les mentionnent sur leur procès-verbal, avec le numéro d'ordre de la série et l'heure de la traduction. Ils annoncent à celui qui dirige le travail la fin de la traduction de chaque série par les mots : *série n°..... bonne*, et lui remettent les dépêches pour lesquelles il y a lieu de provoquer une rectification. Ils demeurent responsables d'ailleurs de la suite donnée à leur demande.

Chaque perforateur, chaque traducteur prend un numéro d'ordre, 1, 2, 3, etc., qu'il inscrit en tête de son procès-verbal, et à côté de sa signature sur les dépêches qui passent par ses mains.

Quant aux séries elles-mêmes, qui sont ordinairement composées de cinq dépêches, on leur donne, pour éviter tout embarras et toute erreur, un numérotage spécial. Paris, par exemple, donne à toutes les séries qu'il transmet la suite des nombres impairs 1, 3, 5, etc., et son

correspondant donne aux siennes celle des nombres pairs 2, 4, 6, etc.

Dans le cas où deux postes seraient reliés par deux ou plusieurs fils, desservis au moyen des mêmes appareils, toutes les séries devraient porter, à la suite du numéro d'ordre, une lettre indicative A, B, C, etc., correspondant au 1er, 2e et 3e fil, etc., chacun transmettant et recevant comme s'il était seul.

Les bandes perforées ne sont pas ordinairement conservées, mais celles de réception sont enroulées, à mesure qu'elles se présentent, par chaque traducteur séparément; et les rouleaux, portant le même numéro d'ordre que le procès-verbal, sont classés dans les archives.

F. CARÊME,
Chef de station à Paris.

J. R.

TABLE DES MATIÈRES.

CHRONIQUE.

La télégraphie aux États-Unis.

A la réunion de l'Association Britannique pour l'avancement des sciences, tenue à Glasgow le 7 septembre 1876, sir William Thomson, président de la section de mécanique et de physique, prononce un discours dans lequel nous remarquons particulièrement le passage suivant relatif au voyage que l'orateur vient de faire à l'Exposition de Philadelphie :

« Au département télégraphique des États-Unis, j'ai vu et entendu le téléphone électrique d'Elisha Gray, admirablement construit, faisant actuellement résonner quatre dépêches simultanément en langue morse, et évidemment susceptible d'un rendement quadruple avec quelques perfectionnements de détail ; j'ai vu aussi le télégraphe automatique d'Edison transmettant 1,015 mots en 57 secondes ; ce dernier résultat est obtenu par la méthode électro-chimique de Bain, si longtemps négligée, condamnée jadis en Angleterre à ce travail d'ilote d'enregistreur de relais, puis abandonnée comme trop inutilement sensible pour une pareille besogne. Au département du Canada, j'ai entendu : *To be or not to be, — there's the rub,* prononcé à travers un fil du télégraphe électrique ; l'articulation électrique ne faisait qu'accentuer encore davantage les monosyllabes railleurs et me donnait des passages extraits au hasard des journaux de New-York..... Tout cela, mes oreilles l'ont entendu prononcer très-distinctement par le disque circulaire mince qui forme l'armature d'un petit électro-aimant identique à celui que je tiens dans ma main. Les mots étaient proférés à voix haute et claire par mon collègue du jury, le professeur Watson, à l'autre bout de la ligne, appliquant sa bouche contre une membrane tendue qui, comme celle que vous avez devant les yeux, portait une petite pièce de fer doux, laquelle était alors capable d'exécuter dans le voisinage d'un

électro-aimant placé dans le circuit de ligne, des mouvements proportionnels aux ébranlements sonores de l'air. Cette invention, la merveille des merveilles du télégraphe électrique, est due à un de nos jeunes compatriotes, M. Graham Bell, d'Edinburgh, et Montréal et Boston, aujourd'hui naturalisé citoyen des États Unis. Qui n'admirerait la hardiesse d'invention qui réalise avec de si faibles moyens cette conception mathématique, que si l'électricité est apte à transmettre les nuances délicates du langage articulé, la force du courant doit varier continuellement et aussi exactement que possible en proportion simple de la vitesse d'une particule d'air engagée dans la constitution du son? »

Pile de Füller.

C'est une modification de la pile à bichromate de potasse. Elle se compose d'un vase extérieur en verre contenant une dissolution de bichromate de potasse (1 de bichromate, 3 d'acide sulfurique et 9 d'eau), dans laquelle plonge la plaque de charbon. A l'intérieur se trouve le vase poreux, au fond duquel on place une couche de mercure de 1 à 2 centimètres de hauteur. Le zinc a la forme d'un bâton cylindrique terminé par un pied qui plonge dans le mercure. Le reste du vase poreux est rempli d'une solution contenant 1 d'acide sulfurique et 40 d'eau.

Le perfectionnement de M. Füller consiste, suivant l'auteur, à maintenir le zinc toujours debout dans le bain de mercure du vase poreux, ce qui rend la pile très-constante. Sa force électromotrice serait double du Daniell; sa résistance intérieure serait faible, et elle resterait constante même dans un circuit extérieur peu résistant. Elle est employée sur plusieurs chemins de fer anglais pour produire des courants permanents.

M. Despointes, de la *Submarine Telegraph Company*, constate que cette pile a bien fonctionné depuis le 4 février 1876 sur un des circuits les plus occupés, celui de Londres à Paris, en direct, avec l'appareil Hughes. Au 3 juillet, il n'avait pas

été nécessaire encore de la rafraîchir, et elle n'avait éprouvé aucune défaillance. 40 éléments Füller avaient remplacé 60 Marié-Davy et 75 à 80 Daniell.

M. Higgins, de la *Compagnie télégraphique de la Bourse*, dit qu'il se sert de cette pile pour faire fonctionner les appareils imprimeurs de la compagnie. Pour produire un courant convenable qui puisse desservir deux lignes à la fois, il faut que la résistance intérieure ne dépasse pas 1 Ohm pour 3 éléments. En imprimant 500 cotes par jour, la solution de bichromate dure douze jours; dans cet intervalle la solution autour du zinc a dû être renouvelée trois fois. La même quantité de solution de bichromate, dans nos piles ordinaires, durait huit jours, et devait être mise en trois chargements. La pile a fonctionné parfaitement sur quatre circuits depuis six mois.

Suivant M. Goldstone, du *London and South-Western Railway*, la pile Füller semble appelée à remplacer la pile ordinaire pour le travail à courant constant; toutefois l'essai n'a pas encore été assez prolongé pour qu'on se prononce définitivement.

Nouvelle forme de pile électrique.

L'électrode positive de cet élément consiste en un cylindre creux fendu de zinc, enfermé dans un vase d'argile vitreuse, percé d'un grand nombre de petits trous. Le zinc est supporté par un bouchon de liége qui ferme l'ouverture du vase et empêche l'évaporation de la liqueur excitatrice. Un tuyau étroit donne issue aux gaz qui se dégagent. L'électrode négative consiste en une couche de charbon platinisé; et tout l'espace compris entre le vase perforé et l'enveloppe extérieure de l'élement est complétement rempli de blocs d'un mélange de charbon platinisé et de peroxyde de manganèse. Le liquide excitateur est une solution saturée de chlorhydrate d'ammoniaque cristallisé. Les pôles de l'élément sont munis de bornes. L'ouverture de l'élément est cachetée à la cire.

Cet élément présente certains avantages sur les anciennes formes de la pile à manganèse. Dans ces dernières, un vase

en terre poreuse (comme dans l'élément Leclanché) ou un sac de toile (comme dans l'élément Grenet) formait la séparation des deux électrodes: il en résultait un grand accroissement de résistance intérieure, par suite de la formation d'oxy-sels de zinc insolubles dans et sur le diaphragme poreux.

De plus, l'accumulation graduelle de ces sels de zinc crevait souvent ou désagrégeait la cloison poreuse. On remédie à ces défauts dans la nouvelle pile par l'emploi du cylindre vitreux perforé. De plus, dans le nouvel élément, l'électrode négative étant placée à l'*extérieur* et non plus à l'intérieur du vase poreux, et étant enveloppée de blocs de charbon et de manganèse, il en résulte qu'on présente au zinc une masse dépolarisante bien plus considérable, en même temps qu'on diminue la résistance de l'électrode négative. Le zinc étant fondu sous forme creuse, offre au liquide excitateur une surface bien plus grande que l'ancienne forme d'un cylindre solide, et, par conséquent, l'électricité est développée en bien plus grande *quantité*. Cette forme de cylindre creux permet aussi de placer le zinc très-près de la surface intérieure de la cloison perforée, ce qui diminue encore la résistance intérieure de l'élément.

Enfin, le platine augmente non-seulement l'effet dépolarisateur du charbon, mais encore la force électromotrice de l'élément.

La force électromotrice de cet élément, obtenue par comparaison avec l'élément étalon de Clark qui est de 1,457 Volts, a été trouvée de 1,6 Volts. Sa résistance intérieure est d'environ 0,5 Ohms. La force électromotrice d'un élément Daniell est d'environ 1,1 Volts, et celle d'un élément Leclanché d'environ 1,5 Volts; mais, en raison de la polarisation, les résultats donnés par ce dernier élément varient considérablement. En ce qui concerne la polarisation, le nouvel élément perd 1 p. 100 de sa force électromotrice quand il a été mis en circuit avec une résistance de 100 Ohms pendant une minute, tandis que le Leclanché perd 2 et demi p. 100. Dans le même circuit, au bout de 5 minutes, le nouvel élément perd 2 p. 100, tandis que le Leclanché perd 5 p. 100; et enfin, au bout de 10 minutes, dans le même circuit, il ne perd encore que 2 p. 100, tandis que le Leclanché perd 10 p. 100, et ce dernier continue à

perdre encore au delà, tandis que la nouvelle pile reste constante.

Il est reconnu que le Daniell est l'élément dont le travail est le plus constant; mais sa force électromotrice, comparativement faible, et les soins particuliers qu'il exige s'opposent à son emploi dans maintes circonstances. Les piles au manganèse, qui exigent peu d'entretien, sont de beaucoup préférées. Elles conviennent spécialement aux sonneries electriques ou aux télégraphes locaux, où leur travail est intermittent; mais lorsqu'elles fonctionnent d'une manière continue, on leur reproche la diminution de force électromotrice due à leur polarisation excessive. Cette polarisation, comme on l'a vu, est beaucoup réduite dans la nouvelle pile.

Les expériences faites au *Laboratoire de Cavendish*, à Cambridge, sous la direction du professeur Clerk Maxwell, montrent que la force électromotrice du nouvel élément reste constante, même quand il fonctionne à travers une résistance d'environ 100 Ohms. Avec une résistance inférieure, la force électromotrice tombe un peu ; avec une résistance supérieure, elle éprouve une légère augmentation.

Cette nouvelle pile a été récemment brevetée.

(*The Telegraphic Journal.*)

Nouvelle Pile au peroxyde de manganèse.

(Note de M. G. Leclanché, présentée par M. du Moncel à l'Académie des sciences.)

L'emploi du peroxyde de manganèse dans les piles n'est pas nouveau ; mais jusqu'à l'époque où j'en ai fait usage, on n'en avait pas obtenu des résultats très-satisfaisants. Cela tenait, d'un côté à ce que, ne se rendant pas un compte exact du rôle que cette substance joue dans la pile, on en faisait une partie intégrante du liquide excitateur en l'associant à l'acide sulfurique dilué ou à du chlorure de sodium et d'un autre côté à ce qu'on l'employait en poussière fine, condition qui paralysait l'action et empêchait la pile de profiter de la conductibilité de cette substance qui, ainsi que l'a

démontré M. du Moncel, est considérable et se rapproche de celle des métaux. Tous les peroxydes de manganèse ne sont pas d'ailleurs également propres à la construction des piles, du moins avec la disposition ordinaire qu'on leur donne, et c'est celui qu'on désigne dans le commerce sous le nom de *manganèse aiguillé* qui fournit les meilleurs résultats.

Dans tous les cas, il faut que cette substance, au lieu d'être réduite en poussière, soit simplement concassée en grains grossiers, et si on la mêle, à volume à peu près égal, à du charbon de cornue concassé de la même manière, non-seulement on diminue la résistance de l'élément dans lequel elle entre, mais on accroît l'état électro négatif de la lame appelée à fournir le pôle positif, ainsi que l'a démontré M. du Moncel, et l'on diminue considérablement les effets de polarisation par suite de la plus grande surface donnée à cette électrode. Je dois dire toutefois que, par suite des dispositions que j'ai dû prendre dans ma nouvelle pile, ces conditions ne sont plus aussi indispensables, et j'ai pu obtenir d'excellents résultats avec toutes espèces de peroxyde de manganèse.

La pile que j'avais imaginée en 1866 était, comme on le sait, composée d'un mélange de peroxyde de manganèse et de charbon de cornue concassé, tassé dans un vase poreux autour d'une large lame de charbon. Ce vase poreux était plongé dans une solution de chlorhydrate d'ammoniaque, et un simple fil de zinc de 1 centimètre de diamètre servait d'électrode positive. Avec cette combinaison, l'usure du zinc ne pouvait se produire que sous l'influence de la fermeture du courant, et elle était proportionnelle au travail de la pile. La dépolarisation se faisait d'ailleurs, comme dans les autres piles, par la désoxygénation du peroxyde. Toutefois cette pile présentait une résistance assez considérable qu'il importait de diminuer, et j'y suis parvenu dans le modèle que je présente aujourd'hui à l'Académie.

Toutes les fois que la substance dépolarisante est simplement tassée autour du pôle positif par le simple pilonnage à la main, qui ne donne jamais au maximum que quelques kilogrammes de pression par centimètre carré de surface, la masse dépolarisante ne possède qu'une conductibilité électrique relativement minime; en outre sa consistance est alors

trop faible pour que l'on puisse éviter l'emploi des diaphragmes poreux. En soumettant, au contraire, les substances à des pressions considérables (plusieurs milliers de kilogrammes par centimètre carré), la masse dépolarisante est rendue beaucoup plus conductrice et capable par cela même de fournir une plus grande somme d'électricité dans l'unité de temps. De plus, si au mélange dépolarisant on ajoute une matière capable d'en souder ensemble les parties constituantes, on obtient ainsi un pôle dépolarisateur de la forme que l'on désire, formant une masse solide, homogène, pouvant résister à tous les chocs et possédant une conductibilité vraiment métallique. C'est précisément ce système que j'ai adopté, et le mélange qui m'a donné les meilleurs résultats est formé de 40 p. 100 de peroxyde de manganèse, de 55 p. 100 de charbon de cornue et de 5 p. 100 de résine gomme-laque.

Le mélange étant bien intime, on l'introduit dans un moule spécial en acier pouvant supporter une pression de 300 atmosphères et que l'on chauffe à 100 degrés; puis on le soumet à la presse hydraulique.

L'électricité de cette masse solide peut être alors recueillie simplement par un petit teton en charbon emprisonné dans le corps de l'aggloméré.

Cette fabrication est très-pratique; j'ai ainsi fait construire plus de 30,000 éléments qui sont actuellement en service dans nos compagnies de chemin de fer.

L'adjonction de 3 ou 4 p. 100 de bisulfate de potasse dans l'intérieur de l'aggloméré contribue à diminuer sa résistance dans une notable proportion en servant de dissolvant aux oxychlorures qui se déposent à la longue dans les pores de l'aggloméré, et en diminuent la conductibilité. Cette résistance devient alors si faible qu'un seul élément peut faire rougir un petit fil de platine, ce qui m'a permis d'appliquer usuellement cette pile à l'allumage des becs de gaz.

La force électromotrice de cette nouvelle pile est environ 1,5, la pile Daniell étant prise pour unité.

Modification dans les piles électriques,

rendant leur construction plus facile et plus économique.

(Note de M. Onimus, présentée par M. Edm. Becquerel à l'Académie des sciences, le 22 mai 1876.)

Les modifications que nous désirons signaler portent sur la substitution du papier-parchemin comme diaphragme au vase poreux, et sur une disposition très-simple des différentes parties de la pile, qui présente de grands avantages comme facilité et rapidité de construction. Le papier-parchemin, par sa souplesse, se prête à toutes les formes, il n'offre qu'un volume insignifiant et agit, de plus, comme dialyseur, aussi efficacement que la terre poreuse. La pile au sulfate de cuivre, par exemple, devient ainsi d'un grande simplicité et peut être montée enun instant par toute personne. Il suffit d'envelopper un cylindre de zinc par une feuille de papier-parchemin et d'enrouler en spirale sur le papier-parchemin, formant ainsi diaphragme, un fil de cuivre ; celui-ci maintient le papier-parchemin contre le cylindre de zinc et suffit comme moyen de fermeture. On plonge le tout dans une solution de sulfate de cuivre et la pile fonctionne aussitôt avec régularité. Toutes les parties de la pile constituent ainsi un petit cylindre à peine plus volmineux que le cylindre de zinc qui est employé. Le diaphragme et les métaux ne forment donc qu'un seul tout, ce qui en facilite beaucoup et le transport et le maniement.

Pour quelque piles au charbon, on peut employer une disposition analogue : on enveloppe le charbon avec le papier-parchemin et l'on met à l'extérieur soit un cylindre de zinc, soit un gros fil de zinc, qui sert en même temps à retenir le papier-parchemin. Lorsque la pile ainsi construite a été humectée, elle peut fonctionner plusieurs heures hors du liquide excitateur, et l'on peut même la rendre encore plus portative et lui donner presque tous les avantages d'une pile sèche en pliant le papier-parchemin en deux et en mettant dans l'intérieur le sel excitateur. Cette modification a encore l'avantage d'obtenir les effets d'une pile à deux liquides avec un seul liquide. En effet, en plongeant cette pile dans un liquide

excitateur, il s'établit aussitôt une différence entre celui-ci et le liquide qui a pénétré dans l'intérieur et qui se trouve placé entre le papier-parchemin et le métal enveloppé.

Mesure de la vitesse de propagation *de l'électricité dans les fils télégraphiques aériens.*

Par le Dr W. Siemens.

Appareils. — Deux condensateurs ont leurs armatures extérieures réunies par un arc métallique. Leurs armatures intérieures sont en communication avec deux pointes placées près d'un cylindre métallique enregistreur non isolé; pour l'une des pointes la communication est un fil court, pour l'autre, une ligne télégraphique. On décharge simultanément les deux condensateurs en mettant l'arc métallique en communication avec la terre, et on lit sur le cylindre enregistreur le temps qui s'écoule entre la production des étincelles.

Ces étincelles laissent sur le noir de fumée, dont on recouvre le cylindre enregistreur, des traces composées d'une longue série de points, lorsque la résistance du circuit est un peu considérable. M. Siemens attribue ce résultat, non à une série de décharges intermittentes, mais à un courant se prolongeant pendant un temps appréciable avec une intensité décroissante : Quand l'étincelle, dit-il, a jailli entre la pointe et un point du cylindre, l'air échauffé sur son trajet, et devenu par là meilleur conducteur, est entraîné dans le mouvement, et le courant continue à passer entre la pointe et le même point du cylindre, tant que l'allongement du circuit ne compense pas, et au delà, la diminution de résistance; à ce moment le courant abandonne le point entraîné du cylindre pour revenir au point le plus rapproché de la pointe.

Résultats. — Au lieu de ligne télégraphique, on a interposé d'abord un tuyau de caoutchouc de 30 mètres de long, 20 millimètres de diamètre intérieur et rempli de sulfate de zinc; le temps écoulé entre les deux décharges était inappréciable et certainement inférieur à 5 millionièmes de seconde.

Sur une ligne de $25^{km},36$, ce retard a été de 125 millio-

nièmes; sur une autre ligne de $23^{km},37$, de 101 millionièmes; enfin sur une ligne de $7^{km},35$, de 30 millionièmes de seconde; ces temps sont à peu près proportionnels à la longueur des lignes.

D'un autre côté, la capacité électrique de la ligne de $23^{km},37$ a été trouvée de 0,15 microfarads, et celle de la petite ligne de 0,063, tandis que leur résistance était de 8 unités Siemens par kilomètre (fil de fer de 5 millimètres). Le retard calculé, en mettant la théorie en vigueur, ne devrait pas dépasser 2 millionièmes de seconde pour la grande ligne (par comparaison avec les retards produits par des condensateurs de capacité connue).

Ainsi la loi de proportionnalité des retards au carré de la longueur n'est pas vérifiée, et les retards observés sont beaucoup plus grands que ceux qui résultent du temps employé à charger le câble. M. Siemens en conclut qu'il y a réellement une vitesse de propagation de l'électricité; on doit cependant remarquer que l'état des lignes, au point de vue de l'isolation, n'a pas été étudié, et que des pertes un peu notables par les supports auraient pour effet d'augmenter le temps nécessaire pour charger le fil, et de le rendre à peu près proportionnel à la longueur.

Potier (extrait du *Journal de physique*).

Il reste encore plusieurs questions importantes à résoudre au sujet de la vitesse de propagation de l'électricité dans les conducteurs télégraphiques. Cette vitesse est-elle proportionnelle à la conductibilité de la masse, est-elle indépendante de la longueur du conducteur et enfin quelle est-elle en réalité?

Les expériences du Dr W. Siemens ont été faites sur des fils télégraphiques de $0^{m},005$ de diamètre entre Sagan et Mallmitz et entre Sagan et Streckenblock. Deux fils télégraphiques suspendus sur les mêmes poteaux et réunis à une des stations formaient un circuit dont les deux extrémités étaient à la disposition de l'expérimentateur à l'autre station. L'électricité était accumulée dans deux bouteilles de Leyde (ou plutôt deux condensateurs plats dont le diélectrique était du mica). Une des extrémités du circuit communiquait avec la surface intérieure de la plus grande bouteille, l'autre extrémité du circuit

aboutissait de la même façon à une pointe de platine. Quant à la surface intérieure de la petite bouteille, elle communiquait avec un fil très-court se terminant par une pointe très-fine de platine. Pour plus de précaution, les pointes de platine étaient encastrées dans des tubes de verre. Elles affleuraient, l'une à côté de l'autre, à la circonférence d'un cylindre léger en cuivre noirci avec du noir de fumée qui, sous l'action d'un mouvement d'horlogerie, était animé d'un mouvement de rotation ayant une vitesse déterminée. Les surfaces extérieures des deux bouteilles de Leyde étaient réunies ensemble et isolées de tout autre corps conducteur.

Les choses étant ainsi disposées, si l'on charge les deux bouteilles de Leyde en mettant leur surface extérieure en communication avec le cylindre d'acier, la décharge de la petite bouteille passe par le fil court et la petite pointe qui le termine et l'étincelle éclate sur le cylindre où elle produit un point presque microscopique dans le noir de fumée. La grande bouteille se décharge par le lacet du fil télégraphique et produit aussi une étincelle entre la pointe correspondante et le cylindre d'acier. L'électricité des deux bouteilles a parcouru des chemins de longueur très différente. Pour la petite bouteille, cette longueur peut être considérée comme nulle ; pour la grande bouteille, elle est représentée par la longueur du circuit formé par les deux fils télégraphiques. Si donc il faut à l'électricité un temps quelconque pour parcourir le long circuit et que le cylindre tourne très-rapidement pendant la production des deux étincelles, les points produits par celles-ci dans le noir de fumée ne se retrouveront pas sur une ligne parallèle à l'axe du cylindre; la trace de l'étincelle provenant du long circuit sera plus ou moins en arrière de l'autre trace et en connaissant la vitesse de rotation du cyilndre et mesurant l'angle formé par les deux étincelles avec l'axe du cylindre, on peut calculer le temps employé par l'électricité pour parcourir le circuit des deux fils télégraphiques. Les dispositions du Dr Siemens étaient si parfaites qu'elles lui ont permis de mesurer avec certitude un millionième et approximativement un dix-millionième de seconde. Les résultats ont été les suivants :

LONGUEUR DU FIL.	TEMPS EMPLOYÉ par l'électricité.	VITESSE KILOMÉTRIQUE par seconde.
25,360^{m}	$\frac{125,3}{1,000,000}$ sec.	202,600^{k}
23,372^{m}	$\frac{101,4}{1,000,000}$ sec.	230,500^{k}
7,352^{m}	$\frac{30,4}{1,000,000}$ sec.	241,800^{k}
Moyenne.		224,967^{k}

Il restait encore à déterminer l'influence de la capacité de charge du fil télégraphique sur la vitesse de propagation de l'électricité. A cet effet, l'expérimentateur a mesuré le temps de retardation dans des condensateurs dont la capacité exprimée en microfarads était connue. Le produit de la résistance par la capacité étant proportionnel à la retardation, il a trouvé par million R × C 0^{sec},0712. Pour le fil de 23,372 mètres de longueur et de 0^{m},005 de diamètre, les valeurs pour la capacité et la résistance ont été les suivantes :

Capacité = 0,151 microfarads;
Résistance = 189 unités Siemens;
Par conséquent R × C = 28,5.

En employant la loi des carrés on trouvera ainsi pour le fil de 23.372 mètres de longueur que la retardation provenant de la charge est seulement de 2 millionièmes de seconde et pour le fil de 7.352 mètres de longueur de 3 millionièmes de seconde.

Ces résultats ont permis de conclure que le temps de la retardation par la charge est si petit qu'il reste encore dans la limite des erreurs d'observation et peut être négligé.

Les chiffres donnés plus haut sur la vitesse de propagation dans un fil de fer ne peuvent pas encore être considérés comme concluants; le Dr W. Siemens se propose de faire de nouvelles recherches, mais il veut attendre un temps de gel, parce qu'avec les températures au-dessus de zéro, les lignes télé-

graphiques ne sont pas suffisamment isolées. Il restera, en outre, à déterminer si la vitesse varie avec la matière du conducteur et, en cas d'affimative, dans quelle proportion.

(*Journal télégraphique international de Berne.*)

Nouvelle méthode pour mesurer la vitesse *de l'électricité.*

Par M. Lovering.

Cette méthode est une application de la méthode de M. Lissajous, qui consiste à combiner les vibrations rectangulaires de deux diapasons, et à amplifier le mouvement résultant, au moyen d'un double faisceau lumineux réfléchi et dirigé sur un télescope. Les diapasons et le télescope sont fixés sur un même bâti; le diapason est muni d'un électro-aimant, destiné à prolonger les vibrations. Les diapasons, vibrant indépendamment, marchent à peu près à l'unisson, chacun faisant 128 vibrations par seconde. Quand les électro-aimants sont mis en action, ils marchent parfaitement d'accord. Dans ces conditions, la ligne résultante vue dans le télescope est invariable. Si les corrections instrumentales sont égales pour les deux électro-aimants, cette ligne sera la première d'une série d'unissons; ce sera, par exemple, une ligne droite oblique. On peut obtenir, d'ailleurs, le même résultat en introduisant des résistances d'une manière convenable dans le circuit. L'appareil ainsi disposé peut permettre de mesurer la vitesse de l'électricité. En introduisant une longueur de fil suffisante, on change l'orbite des séries; la meilleure position est celle de la ligne droite inclinée dans une direction opposée à la première. Cette déviation prouve que les vibrations de l'un des diapasons commencent lorsque celles de l'autre sont à moitié de leur course; c'est, par exemple, $\frac{1}{256}$ de seconde. Cette fraction de seconde représente la durée de la transmission du courant dans le fil ajouté à l'appareil. Des diapasons plus grands pourraient enregistrer des fractions de temps encore bien plus petites.

(*Les Mondes.*)

La vitesse des ondes dans les câbles télégraphiques.

Une nouvelle méthode pour mesurer la vitesse des ondes et en même temps leurs contours exacts a été récemment inventée par M. Robert Sabine, et a été essayée avec succès sur les longueurs du câble de la mer Rouge actuellement en cours de fabrication à Greenwich. La méthode de M. Sabine consiste à envoyer des courants à une extrémité du câble (l'autre extrémité étant à la terre), et à mesurer à intervalles réguliers le potentiel d'un point déterminé du conducteur. Ce potentiel est obtenu à l'aide d'un condensateur de mica, mis en communication avec le point en question pendant un intervalle de temps convenable, puis déchargé à travers un galvanomètre. Un appareil tournant chronométrique est disposé de manière à fermer le circuit de la pile à l'extrémité du câble; puis, après un intervalle donné de temps, il coupe la communication avec le condensateur et le décharge. L'intervalle de temps varie de 0,001 à 2 secondes. On fait une observation semblable pour chaque intervalle de 0,001 seconde successivement jusqu'à ce qu'on atteigne le maximum du potentiel du point étudié.

On obtient ainsi une courbe représentant exactement le contour de l'onde. La vitesse est mesurée en envoyant deux ondes contraires dans le câble, et notant les moments auxquels leur point neutre passe en deux points du câble. La différence des temps du passage et la distance des deux points donnent la vitesse.

(*Engineering*.)

Vitesse de transmission

à travers les longs câbles télégraphiques sous-marins.

Lorsque l'électricité est envoyée à un bout, il se passe deux dixièmes de seconde avant qu'un effet se produise à l'autre

extrémité, et il faut trois secondes pour que le courant prenne toute sa force. Le premier signal prend quatre dixièmes de seconde, mais les suivants vont plus vite. Par le câble atlantique, on a pu envoyer jusqu'à dix-sept mots par minute ; on peut en envoyer habituellement quinze quand le travail est abondant, et douze mots par minute est une bonne vitesse moyenne. Des dépêches de douze mots ont été transmises directement de New-York à Londres en deux minutes. Un fait encore inexpliqué, c'est que l'électricité ne se meut pas aussi rapidement de New-York à Londres que dans la direction opposée.

(*The Telegrapher.*)

Sur les transmissions électriques *à travers le sol.*

Par M. Th. du Moncel.

Dans ses diverses notes à ce sujet, l'auteur explique : 1° l'origine des courants telluriques produits par la différence d'humidité des terrains dans lesquels sont enterrées les plaques de communication du circuit ; 2° l'origine de ceux de ces courants qui sont dus à l'inégale surface de ces plaques de communication et à leur état plus ou moins oxydé ; 3° l'origine des courants du même genre qui naissent dans les mêmes conditions avec des lames inattaquables ; 4° l'influence considérable de ces courants telluriques sur les transmissions électriques et leur importance relative.

La conclusion est que, dans les meilleures conditions, la résistance du sol varie de 4 à 5 kilomètres de fil télégraphique ; qu'elle est, en conséquence, loin d'être nulle, comme on le dit vulgairement, et que si des réserves d'eau, comme des puits, n'interviennent pas dans les communications, elle peut constituer quelquefois une résistance énorme, à moins qu'on n'ait à sa disposition des électrodes très-développées, comme celles que présentent des conduites d'eau et de gaz.

Suppression de la communication

avec la terre pendant la charge de la bouteille de Leyde.

On sait que pour charger la bouteille de Leyde, il faut relier l'armature extérieure à la terre et mettre l'armature intérieure en communication avec une source électrique. On peut, en se fondant sur le pouvoir des pointes, supprimer la communication avec la terre; il suffit en effet de munir l'armature extérieure d'une ou plusieurs pointes par lesquelles s'échappe le fluide, pendant qu'on met la boule qui communique avec l'autre armature en relation avec un bâton de cire ou d'ébonite électrisé, ou avec une machine électrique ordinaire. J'ai ainsi pu électriser fortement une petite bouteille de Leyde, dont l'armature extérieure était formée de plusieurs fils de cuivre enroulés en spirales et fortement serrés autour de la bouteille depuis sa base jusqu'aux deux tiers de la hauteur, et en laissant simplement dépasser trois ou quatre pointes.

Il n'est pas besoin de faire observer qu'on chargerait aussi une bouteille de Leyde ordinaire en mettant l'armature extérieure en communication avec la machine et en remplaçant la boule par une pointe. On pourrait de même, dans la machine à plateau, remplacer le fil de terre par des pointes convenablement placées.

CARÊME.

Influence de la lumière

sur la conductibilité électrique du sélénium cristallisé.

L'influence de la lumière sur la conductibilité du sélénium a été constatée en 1866 par M. Willougby Smith, qui cherchant une substance préférable à la gélatine pour la construction de la résistance de cent Megohms, qui entre dans son système d'essais électriques des câbles pendant l'immersion, songea à utiliser la grande résistance du sélénium.

M. W. Siemens a publié à ce sujet, dans les *Annales de Pog-*

gendorff, un article dont nous empruntons la traduction au *Journal de physique :*

La propriété que possède le sélénium cristallisé, de mieux conduire l'électricité quand il est soumis à l'action de la lumière, a été observée d'abord par Willougby Smith et étudiée par Sale. J'ai constaté moi-même l'exactitude du fait. La conductibilité spécifique du sélénium rendu cristallin par une élévation de température de 100 ou 150 degrés est encore fort petite et extrêmement variable; de plus, l'accroissement qu'elle subit par l'illumination est très-capricieux, en sorte qu'on n'a pu établir la loi de cet accroissement. Je suis parvenu, soit en portant le sélénium amorphe à la température de 210 degrés C., soit en laissant refroidir jusqu'à la même température le sélénium fondu, à obtenir par l'action prolongée du même degré de chaleur, une variété cristalline du sélénium à grains grossiers qui possède une conductibilité beaucoup plus grande et véritablement métallique, laquelle se conserve sans altération et décroît par l'élévation de la température. L'action de la lumière sur cette variété de sélénium est aussi beaucoup plus grande et paraît constante. En soudant deux spirales plates à environ 1 millimètre l'une de l'autre dans la masse du sélénium, j'ai obtenu un appareil très sensible à l'action de la lumière. Les rayons calorifiques obscurs *n'ont pas d'action directe* sur la conductibilité du sélénium, et tout échauffement *la diminue.*

La lumière diffuse du jour double déjà cette conductibilité, et la lumière solaire directe la rend *au moins décuple.* L'accroissement de la conductibilité par l'illumination disparaît extrêmement vite. Sa diminution est en quelque sorte instantanée; mais il faut cependant un peu plus longtemps pour que l'état correspondant à l'obscurité complète se rétablisse. L'accroissement de la conductibilité n'est pas proportionnel à l'intensité lumineuse, mais varie à peu près proportionnellement à la racine carrée. J'espère pouvoir utiliser cette propriété intéressante du sélénium pour la construction d'un photomètre très-exact.

Régulateur électrique

pour entretenir le mouvement du pendule.

Par M. BOURBOUZE.

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, 21 août 1876.)

L'appareil se compose d'un pendule, à la partie supérieure duquel est fixé un barreau aimanté qui peut osciller librement à l'intérieur d'une bobine plate à deux fils, semblable à celle du galvanomètre à fléau.

Pour entretenir le mouvement de ce pendule, il suffit de faire passer dans la bobine, à chaque oscillation simple, un courant d'intensité constante, mais de sens alternativement contraires. Pour opérer ce changement d'une manière régulière, on se sert d'un petit fléau en cuivre, dont le centre de gravité est très-élevé au-dessus du point de suspension : ce petit fléau porte, à chacune de ses extrémités, un petit pont qui, en tombant alternativement dans deux godets contenant du mercure, ferme le circuit d'une pile de Daniell. Le courant agit par influence sur le barreau aimanté, et lui donne une impulsion qui se transmet au balancier. Pour obtenir le mouvement de bascule du fléau interrupteur, on a fixé sur le balancier une fourchette, dont les deux branches sont perpendiculaires au plan d'oscillation. Chacune d'elles est munie d'une petite vis, dont l'axe est parallèle à ce plan. On peut régler à volonté l'écartement de ces petites vis, qui viennent heurter, à chaque oscillation simple, le fléau interrupteur.

Il est facile d'obtenir, sans commutateur, l'inversion du courant à chaque oscillation, en fixant deux fils aux pôles de la pile, qui seront en opposition dans les deux fils de la bobine.

En résumé, cet appareil, dont j'ai pu constater la marche régulière depuis plusieurs années, me semble appelé à remplacer avec avantage les régulateurs à électro-aimants, grâce à l'emploi de courants agissant à distance, pour restituer au pendule le mouvemeut qu'il a perdu par les frottements.

Sur les amorces électriques.

Par M. Ris.

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, 24 avril 1876.)

Les amorces employées pour l'inflammation électrique des mélanges détonants peuvent être disposées pour les courants de tension et pour les courants de quantité. Avec les premières, dites d'induction, l'inflammation est produite par une étincelle résultant généralement d'appareil d'induction. Avec les secondes cette inflammation est produite par l'action calorifique de couples énergiques, dont le courant est transmis, par un conducteur de grande section, à un fil de platine très-fin qu'il porte à 250 degrés au moins. Si l'on essaye d'allumer une amorce d'induction par le courant d'une pile, on est forcé d'employer un nombre d'éléments considérable, et, d'un autre côté, les amorces à fil de platine ne peuvent être allumées par un courant de tension.

Pour éviter ces inconvénients, j'ai eu l'idée de rendre les amorces d'induction conductrices, en incorporant au mélange détonant à base de chlorate de potasse une petite quantité d'éponge de platine pulvérisée; j'ai obtenu ainsi des amorces qui sont inflammables, soit par les courants d'induction, soit par des courants de pile, et qui ont l'avantage de pouvoir être essayées sans altération des éléments qui les composent. Si la quantité de platine est petite, la résistance de l'amorce est considérable et peut atteindre 50.000 Ohms. Dans ces conditions, une bobine d'induction dont le fil a $0^{mm},4$ (le n° 16 du commerce), et qui donne des étincelles de 25 millimètres, peut allumer simultanément 40 amorces disposées en circuit unique, avec 1.000 mètres de câble conducteur complétement immergé; avec un câble, à la surface d'un sol bien sec, le nombre des inflammations peut dépasser 120. A mesure qu'on augmente la quantité d'éponge de platine, la résistance diminue, et, en même temps, sa sensibilité par rapport au courant d'induction se rapproche de plus en plus de celle des amorces appropriées aux courants de quantité. Ainsi une amorce dont la résistance est égale à

20 Ohms peut s'enflammer avec 3 ou 4 éléments de Leclanché, si le vase poreux est supprimé. Dans ce cas, si l'on veut des explosions simultanées, il faut dériver le circuit de manière que chaque amorce ait son circuit spécial et proportionner à leur nombre la surface des couples.

L'éponge de platine présente donc un avantage sur les conducteurs secondaires employés le plus souvent, tels que charbon, graphite, sulfures, phosphates, etc.; seulement il faut avouer que la parfaite homogénéité du mélange est fort difficile à obtenir et que la réussite exige une grande habilité de main.

Sur les actions chimiques

produites au moyen des décharges d'un appareil d'induction.

Par M. Becquerel.

On a pris une plaque de gutta-percha sur laquelle on a placé une petite lame de platine qui a été mise en communication avec le pôle positif de l'appareil au moyen d'une tige métallique; on a appliqué sur cette lame une petite bande de papier humecté d'une dissolution métallique de cuivre ou d'argent, puis sur le papier la pointe d'un fil de platine mis en rapport avec le pôle négatif; on n'a pas tardé à voir se déposer le métal autour de la pointe en couches adhérentes; en interposant une lame de platine entre le papier et la pointe de ce métal, celle-ci s'est recouverte également d'une couche mince de métal. En soumettant successivement à l'expérience diverses dissolutions, l'appareil d'induction fonctionnant seulement avec deux couples à acide chromique et quelquefois avec quatre, on a obtenu ainsi la réduction du nickel, du cobalt, du fer, du plomb, du bismuth, de l'antimoine, du zinc, du cadmium, de l'argent, de l'or et du platine.

Si, sur une lame de platine qu'on a mise en rapport avec le pôle positif, on place un morceau de potasse caustique légèrement humide, sur la surface duquel on a introduit dans

une petite cavité une goutte de mercure mise en contact avec la pointe d'un fil de platine au pôle négatif de l'appareil d'induction, on voit, quelques instants après, le globule transformé en amalgame pâteux, dans lequel on aperçoit des cristaux de ce composé.

Note sur les réductions métalliques *dans les espaces capillaires.*

Par M. Becquerel.

Lorsqu'un tube fêlé, contenant une solution métallique concentrée de nitrate de cuivre ou de chlorure de cobalt, par exemple, est plongé dans une dissolution de monosulfure de sodium, il arrive, quand la fêlure n'est pas suffisamment étroite, qu'il se produit une diffusion, donnant lieu à une production de sulfure métallique dans la solution de cuivre ou de cobalt; ce sulfure adhère assez fortement au verre sous forme de couche; on voit alors peu à peu se former dans l'espace moléculaire entre la couche de sulfure et le verre, du côté de la dissolution métallique, un dépôt de métal brillant. De semblables effets sont produits en appliquant extérieurement sur la fêlure du tube une bande de papier recouverte d'une couche de sulfure nouvellement précipitée, et que l'on fixe sur la surface à l'aide d'un fil enroulé autour. Le cobalt, le cuivre, le platine, etc., ont été obtenus ainsi à l'état métallique ; le premier était attirable à l'aimant.

Les appareils électrocapillaires formés avec des tubes fêlés ne fonctionnent qu'autant que les deux liquides, qui pénètrent dans la fêlure par capillarité, arrivent au contact, ce qui n'a pas lieu quand le verre a trop d'épaisseur.

(*Les Mondes.*)

Sur les forces électromotrices

produites au contact des liquides séparés par des diaphragmes capillaires de nature quelconque.

Par M. Becquerel.

Il résulte des faits observés que les dissolutions ou les substances qu'elles contiennent seraient condensées dans les espaces capillaires, de même que les gaz le sont dans les corps poreux. Ce principe est d'accord avec celui adopté par Laplace dans sa *Théorie des tubes capillaires*, quand il suppose que les liquides adhérant aux parois des tubes ont une densité plus grande que celle des parties situées à une certaine distance. Les propriétés que nous venons d'indiquer intéressent vivement la physiologie, attendu que, dans l'organisme animal et végétal, tous les liquides sont séparés par des tissus plus ou moins capillaires, qui doivent donner lieu à des effets semblables à ceux que nous venons d'exposer.

(*Les Mondes.*)

Sur un nouveau système d'électro-aimant

à spires méplates.

Par M. V. Serrin.

Dans certaines expériences électriques et notamment avec les régulateurs de lumière électrique destinés à produire une lumière équivalente à 2.000 ou 3.000 becs Carcel, les fils des bobines des électro-aimants qui peuvent être employés sont soumis à un tel degré de chaleur que les matières isolantes dont ceux-ci peuvent être entourés sont immédiatement brûlées ou détruites dès qu'on y fait passer le courant. Pour obvier à cet inconvénient, j'ai eu l'idée de composer mes spirales électro-magnétiques avec des hélices métalliques dépourvues de toute couverture isolante et disposées de manière que les spires ne pussent se toucher. Avec cette

disposition l'hélice peut être portée à une température très-intense sans que les spires cessent d'être isolées les unes des autres, puisqu'elles ne se touchent pas et qu'elles sont séparées de la carcasse de l'électro-aimant par une substance qui ne peut être altérée que par les chaleurs les plus élevées.

Dans le régulateur de lumière électrique que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, et dans lequel est adopté ce nouveau système d'électro-aimant, on a pu porter au rouge la spirale sans que l'appareil ait eu sa sensibilité altérée, et la section de cette spirale est telle que pour les courants d'une pile de Bunsen, même de très-grande puissance, la chaleur développée n'était pas appréciable au toucher. Dans ce nouveau système, j'ai pu faire en sorte de déplacer le point lumineux sans éteindre la lumière, ce qui est très-important pour l'application de ces appareils aux phares, afin de donner la possibilité de bien centrer le point lumineux par rapport aux lentilles. (*Les Mondes.*)

Plume électrique d'Édison.

Cette invention consiste en une petite machine électrique qui se trouve au haut d'un porte-plume dont on se sert pour écrire. Cette machine met en mouvement une aiguille qui perce le papier en faisant de 5.000 à 6.000 trous par minute. Le papier ainsi percé, qui fait fonction de patron, est placé dans un châssis, et l'on passe sur lui un rouleau imbibé d'encre; ce rouleau recouvre d'encre les places qui sont perforées, de sorte qu'en plaçant une feuille de papier au-dessous du papier écrit ou patron, et en passant le rouleau sur elle une ou deux fois, on obtient un fac-simile parfait de l'écriture. On a reconnu que ces fac-simile peuvent être obtenus au nombre de quatre ou cinq par minute, et qu'une feuille d'écriture ou un patron peut suffire pour imprimer mille exemplaires.

(*Journal of the Society of Arts.* — *Les Mondes.*)

La construction de lignes aériennes *en Amérique.*

La chronique du *Telegraphic Journal* (1er février 1874) donne les renseignements suivants à ce sujet :

Les matériaux employés sont le fil *compound* et l'isolateur Brook. Le fil *compound* est un fil d'acier ou de fer homogène recouvert d'une enveloppe de cuivre, lequel est lui-même recouvert d'étain. Ce fil possède un pouvoir conducteur supérieur au fil de ligne ordinaire, et peut dès lors avoir un diamètre et un poids inférieur à ce dernier. Le fil est en couronnes de 1 mille de long; chacune d'elles est placée, pour le déroulement, sur un tambour porté par un petit wagon. La manœuvre se fait avec cinq ou six hommes : un conduit le wagon traîné par un cheval, deux accrochent le fil sur les isolateurs (un par poteau), deux ou trois déroulent le fil et l'étendent. Les deux hommes qui accrochent le fil aux isolateurs sont munis de *fers à grimper* pour monter aux poteaux. Le fil une fois tendu est assujetti sur les isolateurs avec du fil à ligature. On peut ainsi dans un jour dérouler et tendre 16 milles de fil.

Le *Telegraphic Journal* dit à ce sujet que les *fers à grimper* sont peu appréciés par les *linemen* anglais. Quant au fil *compound*, il a montré qu'il était bien moins solide que le fil de fer galvanisé. Les lignes de la police et des postes de pompiers de New-York, qui étaient construites avec ce fil, ont été entièrement démolies par la tourmente de neige du 20 décembre. Le fil tombé à terre ne montrait plus trace de cuivre, l'acier seul restait et il était à moitié rongé par la rouille. On a essayé d'introduire le fil *compound* en Angleterre : mais, après quelques essais, M. Culley, prévoyant ce qui devait arriver, ne voulut pas l'employer pour les lignes du Post-Office.

Sur l'origine du nerf dans le fer puddlé.

Par M. H. Le Chatelier.

La cassure d'un barreau de fer puddlé et étiré au laminoir présente généralement un aspect fibreux qui dénote un défaut complet d'homogénéité dans la masse métallique. Ce défaut d'homogénéité est dû, comme l'a fait voir M. Tresca dans ses travaux sur l'écoulement des solides, à la présence de matières étrangères interposées mécaniquement dans le fer. Il a décelé leur existence en attaquant par un mordant convenable la surface bien polie d'une section transversale d'un barreau.

Ces matières paraissaient devoir être des scories de four à puddler et des oxydes de fer, mais jusqu'ici aucune analyse directe ne l'avait démontré; on n'avait pas encore isolé ces impuretés de la masse de fer au milieu de laquelle elles sont noyées. J'ai cherché à le faire, et j'ai employé pour cela la méthode indiquée par M. Schlœsing, pour l'analyse des fontes.

En traitant un morceau de fer nerveux par un courant de chlore gazeux à la température du rouge sombre, j'ai volatilisé le fer et j'ai obtenu comme résidu un squelette présentant exactement la forme du morceau soumis à l'expérience, mais d'une ténuité, d'une légèreté telle, que le moindre souffle le fait disparaître; sa couleur est blanc verdâtre; il est composé de silice en forte proportion et d'un peu d'oxyde de fer. Ce sont les scories interposées mécaniquement dans le fer qui ont résisté partiellement à l'action du chlore, tandis que le fer et les métalloïdes qui lui étaient combinés ont été complétement volatilisés. La proportion de ce résidu a oscillé autour de 1 p. 100 dans divers échantillons que j'ai étudiés.

Fil de fer au bois du Jura.	0,7 p. 100.
— à la houille de Belgique.	1,3 —

Les particules de scories sont déterminées dans toute la masse, mais n'y sont pas distribuées au hasard. Pour se rendre compte de leur disposition, il suffit de jeter un coup d'œil sur le squelette qu'elles forment. On voit qu'elles sont orientées d'une façon semblable : elles sont alignées en longues files

parallèles à la direction suivant laquelle le fer a été étiré. Un fil de fer laisse un faisceau de longs fils blanchâtres parallèles entre eux. Une feuille de tôle laisse encore un faisceau de fils, mais réunis entre eux, de façon à former de petites plaquettes que l'on peut séparer avec la pointe d'un canif et que l'on peut ouvrir comme les feuillets d'un livre.

Les scories empêchent les grains du fer de se souder complétement entre eux et donnent ainsi lieu, dans la masse métallique, à des surfaces de moindre résistance qui sont orientées comme les scories elles-mêmes. C'est la présence de ces surfaces de moindre résistance qui empêche la cassure d'un barreau de fer d'être sensiblement plane et perpendiculaire à ses arêtes, et qui donne naissance au nerf. Le nerf sera d'autant plus prononcé, toutes choses égales d'ailleurs dans le travail, que les scories auront apporté un plus grand obstacle à la soudure des grains de fer, qu'elles seront moins fluides pendant le travail.

Ces considérations permettent de se rendre compte de l'origine des diverses textures que peuvent présenter les massiaux de fer puddlé. Le *grain* ou absence de nerf est généralement produit par la fusibilité de scories manganésées ou alcalines, par la mollesse à chaud du fer carburé ou phosphoreux, et par la haute température à laquelle se fait le puddlage bouillant; le *nerf* résulte au contraire du peu de fusibilité de scories partiellement peroxydées et de la température comparativement basse à laquelle se fait le puddlage. Toutes ces conditions dépendent, d'une part, de la composition chimique des scories et du fer; d'autre part, de la température à laquelle se fait le travail.

(*Annales de chimie et de physique.*)

Expérience de M. Lockyer

sur la décomposition présumée d'un corps réputé simple.

On fait certain bruit depuis quelques jours autour d'une découverte importante que viendrait de faire M. Lockyer,

membre de la Société Royale de Londres. Le savant physicien aurait ni plus ni moins démontré sans conteste que les corps que nous appelons simples sont encore des corps composés.

Je crains que l'on ne s'abuse un peu sur l'interprétation qu'il convient de donner à l'expérience, d'ailleurs très-fine, du physicien anglais, et je ne saurais l'accueillir qu'avec la plus grande réserve.

Aucun chimiste ne professe plus à notre époque que les corps simples sont réellement simples ; s'ils sont réputés « simples », c'est tout bonnement parce que, dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne sommes pas en état de pousser plus loin la décomposition ; nous ne savons pas, nous ne pouvons même peut-être aller au delà d'une certaine limite. Pour beaucoup de théoriciens, l'élément ultime dont la juxtaposition en proportions définies constituerait tous les corps de la nature serait l'hydrogène, que nous ne connaissons qu'à l'état gazeux ; ainsi, l'or ne serait que de l'hydrogène condensé ; le fer, de l'hydrogène condensé à un autre degré ; l'arsenic, hydrogène condensé ; le calcium, hydrogène condensé, etc... En un mot, l'hydrogène pourrait être l'assise fondamentale au moyen de laquelle la nature aurait fabriqué tout le règne inorganique. Les raisons sur lesquelles on s'appuie pour établir cette conception ne sont pas dénuées de valeur, mais ne sauraient être exposées accessoirement.

Je n'ai plus à apprendre à personne qu'une substance quelconque en suspension dans une flamme trahit sa présence par les raies brillantes qu'elle fait apparaître dans les bandes colorées du spectre produit par le passage de la lumière de cette flamme à travers un prisme. Le principe de l'analyse spectrale est connu. Chaque corps transmet ainsi dans le spectre sa signature propre, caractérisée par un système de lignes brillantes. M. Lockyer détermine depuis quelque temps, avec une grande précision, les substances renfermées dans le soleil, en photographiant côte à côte sur la même plaque le spectre de la lumière solaire et le spectre des différents corps terrestres. Les mêmes signatures, ou, plus exactement, les mêmes raies photographiées dans les deux spectres, entraînent naturellement la présence dans le soleil de la substance vaporisée dans la flamme qui sert de terme de comparaison. Der-

nièrement, M. Lockyer étudiait le spectre du chlorure de calcium, combinaison bien connue des chimistes et constituée par du chlore et du calcium. Le corps est placé dans une flamme de gaz. On observe au spectroscope les lignes brillantes qui se montrent dans le spectre de la lumière du gaz et qui caractérisent le chlorure de calcium. M. Lockyer éleva la température de la flamme ; dans le bleu du spectre il aperçut une raie bleue ; cette raie bleue est la signature du calcium lui-même. On avait devant les yeux la signature du chlorure de calcium, plus la signature du calcium lui-même. Il fallait bien en conclure que l'élévation de température avait dissocié une partie de la combinaison et avait mis en liberté un des composants : le calcium.

Il était logique de pousser plus loin l'expérience. L'arc électrique qui jaillit des pôles d'une batterie d'électricité fournit une température plus élevée que celle de la flamme, et dont on peut faire varier l'intensité dans des limites assez larges. M. Lockyer plaça son chlorure de calcium dans l'arc électrique et observa la lumière ainsi engendrée au spectroscope. Cette fois, non-seulement la raie bleue du calcium s'était épaissie, mais on vit dans la bande violette du spectre deux nouvelles raies. Et, fait curieux, ces deux lignes violettes occupent précisément la place des deux raies violettes qui caractérisent l'hydrogène, qu'on observe dans le soleil ou sur terre.

La raie bleue est ici très-accentuée, les raies d'hydrogène faibles ; dans le spectre obtenu avec la lumière solaire, le résultat est inverse : la raie bleue est faible ; les raies d'hydrogène sont, au contraire, les plus épaisses du spectre.

Mais rien de si facile que d'accroître la température en augmentant la puissance de l'arc électrique, dans lequel on place le chlorure de calcium. Or, avec une petite batterie, raie bleue faible, à peine des raies hydrogénées ; batterie puissante, plus de raie bleue, raies violettes accentuées. On peut même régler l'énergie de la batterie au point d'obtenir exactement la raie bleue avec l'intensité qu'elle a quand on l'observe dans la lumière solaire. Concluons, selon M. Lockyer.

En élevant de plus en plus la température, on dissocie d'abord le composé, on le ramène au moins partiellement en ses éléments constitutifs. La présence du calcium est rendue

manifeste par sa signature bleue; puis le calcium, corps réputé simple, doit être détruit, puisque la raie bleue disparaît, et il doit être lui-même décomposé en éléments plus simples dont l'existence est révélée par les nouvelles raies violettes. Ces raies étant celles de l'hydrogène, on peut même penser que le calcium résulte bien d'une condensation d'hydrogène. Ainsi, on serait parti de l'édifice entier pour le détruire d'abord partiellement, puis enfin complétement, jusqu'à ce qu'on ait mis à nu l'assise fondamentale, l'élément primordial

Cette conclusion est très-séduisante; l'analyse spectrale, qui nous a déjà ouvert des horizons si étendus, nous aurait enfin fait pénétrer jusqu'à la constitution intime de la matière. Avec une chaleur suffisante, nous pourrions détruire les combinaisons dites indécomposables et remonter jusqu'à l'élément ultime. N'allons pas si vite.

Tous les physiciens savent très-bien que la pression et la température jouent un grand rôle dans l'éclat et dans la grosseur des raies brillantes pour un même corps. MM. Deville, Cailletet, Frankland, Tyndall ont reconnu depuis longtemps cette action remarquable. M. Lockyer lui-même, en graduant la température avec sa batterie, parvient à obtenir la raie bleue du calcium, identique en intensité à celle que l'on voit dans le soleil (*). C'est bien mettre en plein relief l'influence de la température sur l'éclat de la raie. Or, il est à craindre que dans son expérience M. Lockyer ait tout bonnement fait apparaître, en exaltant la température, des raies trop faibles pour être aperçues à des températures plus basses. Il faut beaucoup se défier de l'interprétation que l'on donne aux apparitions spectrales.

Déjà M. Chautard, le savant professeur de physique de la Faculté de Nancy, a appelé l'attention sur des phénomènes de même ordre. Si l'on fait passer la décharge électrique dans un tube de Geissler et qu'on regarde la lumière au spectroscope,

(*) M. Lockyer en conclut qu'il a aussi un moyen certain d'apprécier la force de dissociation du soleil: on la mesurerait par le rapport des batteries électriques employées. Le moyen manque d'exactitude, selon nous, car deux éléments au moins influent sur l'intensité de la raie: la température et la pression, et ici l'on ne tient compte que de la température.

il suffit d'approcher un puissant aimant du tube pour modifier profondément la nature du spectre.

Ainsi, les spectres que fournissent dans un tube de Geissler l'iode, le brome, le chlore, l'hydrogène sont très-changés par l'influence de l'aimant et aussi par le diamètre réduit du tube. Avec l'hydrogène, quand on fait agir l'aimant, on voit apparaître une ligne jaune très-nette, complétement invisible avant l'action du magnétisme. Ici cependant, l'hydrogène est seul, et l'on ne saurait songer à une décomposition. Quand on examine de même le fluorure de silicium, on constate sous la seule influence de l'aimant une transformation profonde dans le spectre ; au moment même où l'aimant entre en jeu, les raies normales disparaissent et trois raies nouvelles se montrent dans le rouge et le vert ; si l'on interrompt le courant magnétique, ces dernières raies s'évanouissent et les premières apparaissent de nouveau. Ce phénomène peut se reproduire à volonté indéfiniment. Peut-il réellement survenir, dans ce cas, des décompositions et recompositions chimiques, et l'apparition des raies en révélerait-elle bien l'existence ?

La lumière n'est qu'une vibration ; une raie du spectre n'est qu'une note lumineuse. Il suffit de bien peu pour faire changer le nombre des vibrations, et par suite la note elle-même. La pression, la chaleur, le magnétisme modifient le ton et l'intensité de cette musique lumineuse, et il est bien possible que l'apparition des raies dans les expériences précédentes ait pour cause nullement une décomposition de la substance même examinée, mais simplement un changement dans le rhythme vibratoire de ses éléments constitutifs. L'expérience de M. Lockyer ne prouve pas encore que le calcium ait été décomposé ; c'est pourquoi il nous paraît prudent, avant de formuler une conclusion, d'attendre que nous soyons vraiment en mesure de préciser la véritable signification des changements qui se manifestaient dans le spectre sous l'influence des actions de température, de pression et de magnétisme.

(De Parville, *Journal des Débats*.)

Radiomètre de Crookes.

M. W. Crookes, l'éminent physicien anglais, transmet à l'Académie une note relative à son radiomètre.

M. Crookes dit à son tour, en fort bons termes, ce que nous avons rappelé nous-même ici quand différents expérimentateurs communiquaient le résultat de leurs recherches sur le nouvel appareil. Tout ce que l'on a imaginé pour s'éclairer sur la cause de la rotation du moulinet Crookes avait déjà été essayé par l'inventeur lui-même et publié dans ses mémoires.

La description de mes expériences, dit-il, et les résultats que j'ai obtenus ont été communiqués à la Société royale de Londres, mais comme la publication des mémoires lus devant cette Société dans les *Philosophical Transactions* n'est faite que douze ou dix-huit mois après leur présentation et que, par convenance, je ne pouvais les communiquer à d'autres Sociétés savantes, mes travaux sur cette question n'ont pas été connus, ce qui a laissé un libre cours à l'imagination des savants qui ont écrit sur cette question. Si ces savants avaient lu mes travaux, ils auraient pu se convaincre non-seulement que j'avais entrepris toutes les expériences qu'ils rapportent, mais encore que je les avais discutées au point de vue des différentes théories qu'ils ont émises, en faisant pour chacune d'elles la part du pour et du contre.

Dans un mémoire lu à la Société royale, le 15 juin dernier, M. Crookes dit que ses dernières expériences lui paraissent démontrer très-nettement que la répulsion résultant de la radiation est le résultat d'une action calorifique échangée entre la surface du corps en mouvement et les parois du récipient de l'instrument, par l'intermédiaire du gaz raréfié restant à l'intérieur. C'est la théorie, du reste, la plus en faveur en France.

(De Parville, *Journal officiel.*)

BULLETIN ADMINISTRATIF.

PERSONNEL.

Promotions et mutations.

Parizot.	Chef de station 2ᵉ cl. . .	de Bordeaux.	à Brives.
Bernard.	*Id.* *id.* . .	de Nancy.	à Toul.
Mague.	Commis principal. . . .	de Landerneau.	à Honfleur.
Crétien.	*Id.*	de Paris.	à Dijon.
Greiner.	*Id.*	de Versailles.	à Nancy.
Caron.	*Id.*	*id.*	à Lille.

Promotions.

Sous-inspecteurs.

MM. Clérac.
Darcq.

Directeurs de transmissions de 1re classe.

MM. Delobelle.
Garros.
Leclerc.

Chefs de station de 1re classe.

MM. Ezemar.
Ancel.
Bouchez.
Forbin.
Villard.
Bontems.
Carême.
Sarault.
Borel.
Grammaccini.

Chefs de station de 2e classe.

MM. Moynier.
Mondon.
De Maritan.
Beau.
Castex.
Estienne.
Braive.
Jung.
Argenson.
Blanchard de la Brosse.

Commis principaux.

MM.
Lejeune.
Delalleau.
De la Souchais.
Marchesseau.
Marzarit.
Fabre.
Lecomte.
Flamant.
Bureau.
Carré.
Davy.
Naudier.
Vivier.
Girardin.
Hartschmidt.
Lamarque.
Olivier.
Heugas.

Employés de 1re classe.

MM.
Roux.
Oudin.
Brodin.
Halley.
Cantepie.
Sartelet.
Debargue.
Mondon.
Huchet.
Lebouvier.
Roche.
Cézar.
Feuille.

MM.
Besoux.
Cheuret.
Grenard.
Claude.
Aymard.
Dapremont.
Rémond.
De Boulard.
Rouyer.
Bastian.
Chaligny.
Birard.
Fabre.

MM.
Bonneau.
Pelloutier.
Rogenmoser.
Bribard.
Pandolfi.
Vellard.
De Langlade.
Jacquez.
Le Grand.
Breban.
Lestelle.
Freund.
Conchard-Vermeil.

MM.
Thébault.
Gautret.
Cumenge.
Thomas de la Borde.
D'Ennery de la Chesnaye.
Millot.
Gimbert-Montbrun.
Michaut.
Guintrandy.
Pierré.
Houlet.
De Watrigant.

Employés de 2e classe.

MM.
André.
Duffau.
Debat.
Huet.
Eybraly.
Madelaine.
Hamon.
Thieriet.
Pujos.
Courech.
Rossi.
Nacfer.
Dépret.
Bêche.
Chamberot.
Lacomme.
Briquet.
Dabrigeon.

MM.
Vernier.
Legros.
Soulié.
Bécays.
Rouquette.
De Lartigue.
Imbert.
Ardant.
Mielle.
Leblanc.
Roux.
Olivier.
Masson.
Deramond.
Tricard.
Forasté.
Panessot.

MM.
Albenque.
Bailly.
Guillaume.
Feutray.
Nicolas.
Bourgoin.
Savignol.
Lefèvre.
Cadiou.
Le Bihan.
Benoit.
Pascal.
Christophe.
Muselier.
Chevallier.
Beinse.
Bulliard.

MM.
Macle.
Vicart.
Roussel.
Marc.
Goussot.
Mortier.
Olier.
Estinès.
Labreuche.
Pillement.
Assant.
Mercier.
Picquenou.
Maillard.
Sénéchal.
Chauchard.
Foret.

Employés de 3e classe.

MM.
Pelet.
G. de Saint-Gérand.
Oudin.
Lelonge.
Prevost.
Adoue.
Bourdeau.
De Chevroz.
Rinuy.
Poumeyrol.

MM.
Pennelier.
Bernière.
Vignon.
Aubry.
Viault.
Leroy.
Hilaire.
Provansal.
Fleury.
Vignier.

MM.
Audebert.
Catier.
Clerc.
Roux.
Besombes.
Creuzé-Deschatelliers.
Dehut.
Pastol.
Duron.

MM.
Duteil.
Humblot.
Berthelier.
Jodrillat.
Schuhler.
Épagnon-Deszille.
Delord.
Michel.
Canet.
Chambon.

MM.
R. de Beauchamp.
Chabot.
Bouchet.
Brégand.
Gurnaud.
Demolon.
Poursain.
Hervé.
Goyffon.
Petit.
Laguerre.

MM.
Leidier.
Doliger.
Bénac.
Bondet.
Delbos.
Eglin.
Léonard.
Mayzou.
Mollot.
Ouret.
Robert.

MM.
Vallée.
Fricout.
Belenfant.
Firbach.
Fleury.
Jean.
Ramade.
Pujol.
Troussel.
Boudon.

MM.
Lacombrade.
Bausset.
Cambray.
Giannardi.
Lalemand.
Péchin.
Simonard.
Constant.
Guerbert.
Le Jariel.

Employés de 4e classe.

MM.
Quantin.
Belleville.
Lapoujade.
Laporte.
Leclère.
Delmas.
Chalenton.
Antonini.
Février.
Desclaux.

MM.
James.
Jullien.
Larivière.
Larmurier.
Stou.
Reboul.
Née.
Pinaud.
Landri.
Charles.

MM.
Bayon.
Le Govic.
Faure.
Volfrom.
Ottelart.
Sottin.
Postel.
Suzzoni.
Ybern
Duchesne.

MM.
Piel.
Lazare.
Vanlande.
De la Joncaillère.
Pouquet.
Viard.
Latil.
Xoual.
Toussaint.

Employés de 5e classe.

MM.
Bardon.
Damiens.
Barès.
Bonnet.
Petizeau.
Pons.
Luquet.
Moreau.
Jacques.
Hulin.
Nicolle.
Hermitte.
Roussel, P.
Gaullet.
Cuvillier.
Marin.
Leloussey.
Lardinois.
Gandolphe.
Bonnaud.
Perré.
Marcilése.

MM.
Silvestre.
Guénin.
Jurand.
Rémy.
Costantini.
Delatre.
Renevier.
Carel.
Peignoux.
Peyrade.
Girault.
Majorel.
Moreau.
Bucaille.
Mouchy.
Senevet.
Lallier.
Bachelet.
Vallier.
Barrau.
Laplesse.
Devin.

MM.
Darricades.
Abriol.
Durand.
Euvrie.
Ridoret.
Chaléat.
Dassencourt.
Meilhon.
Rivière.
Collet.
Verdier.
Joëts.
Rouchaud.
Fourgon.
Foucault.
Robert, J. J.
Perruchon.
Robert, A.
Valantin.
Dodo.
Ducrot.
Dusfour.

MM.
Ducellier.
Absil.
Guyon.
Constant.
Berlier.
Farret.
Portères.
D. de Boishébert.
Mortier.
Tacher.
Arnaud.
Gleizes.
Gayral.
Cazeaux.
Duvernoy.
Faucher.
Hémar.
Jalabert.
Bernard.
Juhau.
Barbier.
Jacques dit James.

MM.	MM.	MM.	MM.
De Roquard.	Charles.	Dumas.	Jorry.
Manet.	Chapuis.	Chavastel.	Lajoux.
Micault.	Émin.	Renouard.	Bouche.
Émond.	Simon.	Gouillard.	Lemaire.
Saint-Lannes.	Badaroux.	Pélissier.	Rouillée.
Carbonel.	Troudet.	Gilles.	Lambert.
Lauque.	Roch.	Ruggieri.	Gérardin.
Brigodiot.	Belême.	Georges.	Mazet.
Simonin.	Prunin.	Duris.	Beaune.

Mutations.

1° *En France.*

MM.			
Jacomet.	Inspecteur.	de Clermont-Fnd. .	à Caen.
Pinatel.	Id	du Puy.	à Clermont-Ferrand.
Ziégler.	Dirct^{r} de trans^{ons}. .	de Chaumont. . . .	à Besançon.
Savin.	Chef de station. . .	Menton.	à Chaumont.
Guettier.	Id. . . .	Brives.	à Menton.
De la Rochette. . .	Id. . . .	Honfleur.	à Paris.
Martin.	Id. . . .	Lyon.	à Id.
Loisel.	Commis principal. .	Rouen.	à Chalons-s.-Marne.
Thoulon.	Id. . .	Marseille.	à Toulon.
Jouguet.	Id. . .	Toulon.	à Carpentras.

2° *Entre la France et les colonies.*

MM.			
Berger.	Inspecteur.	de Caen.	à Alger.
Chauvet.	Employé.	Grenoble.	en Algérie.
Maquinghen.	Id.	Cochinchine. . .	à Paris.
Enfer.	Id.	du Havre.	en Cochinchine.
Brien.	Id.	de Rennes.	Id.
Brocq.	Id.	Paris.	Id.
Alzas.	Id.	Id.	Id.
Majorel.	Surnuméraire. . . .	d'Algérie.	à Aix.
Ficatier.	Id.	d'Auxerre.	en Algérie.

Légion d'honneur.

Par décret du Président de la République, en date du 18 juillet 1876, rendu sur la proposition du ministre de la guerre, a été nommé *au grade de chevalier :*

M. AUZENAT, employé détaché au ministère de la guerre; 17 ans de services.

Par décret du Président de la République, en date du 14 août 1876, rendu sur la proposition du ministre de l'intérieur, a été promu *au grade d'officier :*

M. RAYMOND (Léonard), inspecteur, chef du service du matériel et des travaux à l'Administration des lignes télégraphiques. Chevalier depuis février 1871; 24 ans de services.

Ont été nommés *au grade de chevalier :*

M. JACOMET, inspecteur à Caen; 25 ans de services, dont 12 en Afrique.

M. MONCEL (Charles-Justin-Alfred), inspecteur chargé de la comptabilité centrale à Paris.

3699 Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière, rue Racine, 26.

ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1876 Novembre-Décembre

TRANSMISSION SIMULTANÉE

DE DEUX DÉPÊCHES EN SENS CONTRAIRE

PAR UN SEUL FIL.

L'installation pour les essais de la transmission simultanée qui ont été faits en France, comprend deux systèmes différents.

L'un de ces systèmes comporte un relais à électro-aimant différentiel qui fait fonctionner un appareil Morse au moyen d'une pile locale ; l'autre système se sert des communications du pont de Wheatstone pour faire marcher le Hughes.

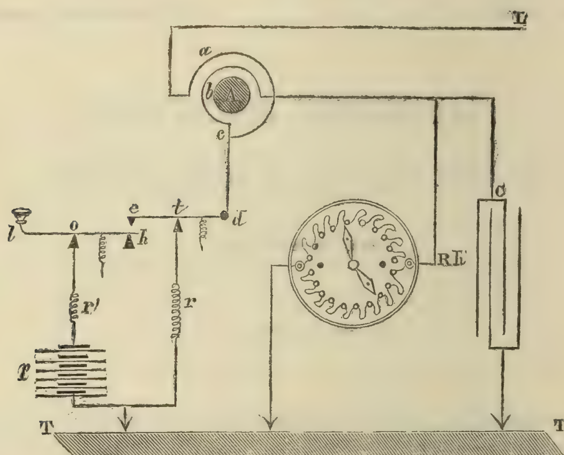
L'électro-aimant différentiel du relais est muni de deux fils recouverts de même longueur et de même résistance, tous deux enroulés autour du noyau de fer doux.

Si l'on fait passer dans chacun de ces fils, mais en sens inverse, des courants égaux, l'effet produit par le courant circulant dans un des fils sera annulé par l'effet du cou-

rant circulant dans l'autre fil ; le noyau n'étant pas aimanté, la palette ne sera pas attirée.

Si, au contraire, l'un des courants est plus fort que l'autre, son action l'emportera, le noyau sera aimanté et la palette attirée. Ceci compris, la *fig.* 1 montre l'installation du premier système.

Fig. 1.



a et *b* représentent les deux fils enroulés autour du noyau de l'électro-aimant du relais A.

Une extrémité de chacun de ces deux fils est en communication avec le manipulateur, l'extrémité opposée du fil *a* communique avec la ligne, et celle du fil *b* avec la terre du poste par l'intermédiaire d'un rhéostat circulaire dont la résistance variable est réglée de façon à égaler celle de la ligne.

Quand on appuie sur le manipulateur, le courant se bifurque en *c*, une partie se rend sur la ligne à travers le fil *a*; l'autre à la terre à travers le fil *b* et le rhéostat.

La résistance du rhéostat étant égale à celle de la ligne,

ces deux courants sont égaux, et leur effet magnétique sur le noyau du fer doux sera nul ; la palette du relais ne sera donc pas attirée.

Si l'on reçoit un courant venant de la ligne, celui-ci ne traversera que le fil *a* du relais et ira à la terre en suivant le chemin *c.t.r* ; l'effet de ce courant n'étant pas détruit par un courant égal dans le fil *b*, le noyau de l'électro-aimant sera aimanté et la palette attirée pourra faire fonctionner un récepteur au moyen d'une pile locale.

Si, pendant que l'on reçoit un courant de la ligne, on appuie sur le manipulateur, il arrivera de deux choses l'une : ou le courant de départ et celui d'arrivée s'ajouteront sur la ligne, ou bien ils se neutraliseront en tout ou en partie.

Si les courants s'ajoutent, le fil *a* sera parcouru par un courant plus fort que celui du fil *b* ; s'ils tendent à se neutraliser, le courant sera au contraire plus faible en *a* qu'en *b*. Dans les deux cas, le noyau sera aimanté, la palette attirée, et le récepteur fonctionnera.

On voit donc que quand un courant est reçu de la ligne, la palette est attirée par l'électro-aimant du relais, soit qu'on transmette ou non.

Au contraire, quand aucun courant n'arrive de la ligne, la palette reste au repos, même quand on appuie sur le manipulateur.

Sur les lignes d'une certaine longueur, après chaque émission, il y a un courant de retour ; celui-ci tend à produire, sur l'électro-aimant différentiel, un effet analogue à celui de tout courant venant de la ligne.

Pour équilibrer cet effet, on ajoute près du rhéostat un condensateur relié d'une part à la terre, d'autre part au fil *b* de l'électro-aimant. Quand on appuie sur le manipulateur, le condensateur se charge ; quand le manipulateur

revient au repos, le condensateur se décharge et produit un courant de retour qui traverse le fil *b* en même temps que le courant de retour de la ligne traverse le fil *a*. Ces courants de retour agissent tous deux en sens inverse sur l'électro-aimant, et si le condensateur a une capacité convenable pour que les courants de retour soient égaux, ils n'exerceront aucune influence sur l'électro-aimant ni sur la palette (*).

La forme du manipulateur qu'on emploie dans ce système présente quelques particularités : Si l'on employait un manipulateur ordinaire, la communication du point de jonction *c* des deux fils *a* et *b* de l'électro-aimant avec la terre serait interrompue pendant le temps très-court que met le manipulateur à passer de la position de repos à celle d'émission. Voici comment on a évité cet inconvénient.

Le manipulateur se compose de deux parties : l'une *hl* (*fig.* 1) est un levier de manipulateur ordinaire oscillant autour du point *o* et muni d'une poignée qui sert à la manipulation. L'autre partie *de* est un levier mobile autour du point *d*, et reposant à l'état de repos sur un contact *t* qui est relié à la terre.

Le levier *hl* est relié à la pile ; à l'état de repos il est isolé du levier *de*. Quand on manipule, le levier *hl* soulève *de*, rompt la communication de celui-ci avec la terre, et le courant de la pile se rend sur la ligne par le chemin *ohedca*, et en partie dans le rhéostat par le chemin *ohedcb*.

Quant à la réception, pendant que *hl* est dans la position de repos, le courant venant de la ligne se rend à la

(*) Le courant de charge qui se produit sur la ligne au moment de l'émission est également équilibré par le courant de charge qui se produit dans le condensateur.

terre par le chemin *acdtr*; si le manipulateur est sur contact, le courant reçu ira à la terre à travers la pile par le chemin *acdehop*.

Pour que dans les deux cas la résistance du circuit reste la même, on intercale en *r* une résistance égale à celle de la pile.

Réglage. — Le réglage du système s'opère de la manière suivante : On commence par donner au relais la plus grande sensibilité possible. Puis on établit le manipulateur sur contact pendant un certain temps. Généralement la palette du relais se trouve alors attirée, ce qui indique que les résistances de la ligne et du rhéostat sont inégales; par suite, les courants qui traversent les fils *a* et *b* sont aussi inégaux.

On fait tourner alors l'aiguille du rhéostat circulaire jusqu'à ce que la palette ne soit plus attirée. Cela fait, on envoie avec le manipulateur une série de contacts et l'on examine si le relais fonctionne sous l'influence du courant de retour; si oui, on modifie par tâtonnement le nombre et la grandeur des boîtes du condensateur jusqu'à disparution du courant de retour.

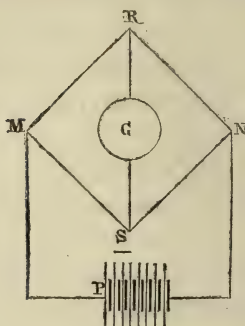
Chacun des postes procède successivement au réglage ci-dessus. Ensuite on règle le relais A d'après le courant du correspondant; et enfin le récepteur Morse suivant le relais et l'intensité du courant de la pile locale.

Pour la transmission simultanée avec l'appareil Hughes, on emploie les communications du pont de Wheatstone.

On appelle pont de Wheatstone un système de quatre conducteurs résistants, formant un quadrilatère dont deux sommets opposés sont reliés aux deux pôles d'une pile, les deux autres sommets étant en communication avec les deux bornes d'un galvanomètre.

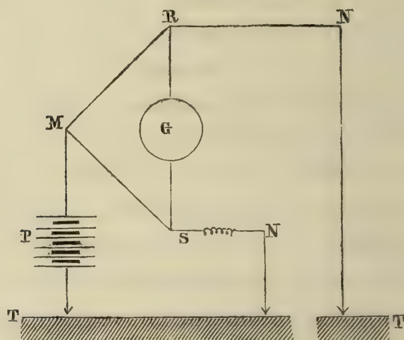
Au lieu de réunir les deux pôles en M et N, on peut

Fig. 2.



en mettre un à la terre, en mettant aussi à la terre le sommet correspondant du quadrilatère, comme l'indique la *fig.* 3.

Fig. 3.



Examinons le passage du courant :

De la pile le courant arrive en M et de là se bifurque. Supposons pour un instant, la communication RGS supprimée, une partie du courant suivra MRN, une autre partie suivra MSN.

Rétablissons RGS; dans le conducteur MNR, le cou-

rant au point R aura une tendance à se bifurquer et à produire un courant dérivé dans le sens RGS. Dans le conducteur MSN, le courant au point S aura aussi une tendance à produire un courant dérivé, mais dans le sens SR.

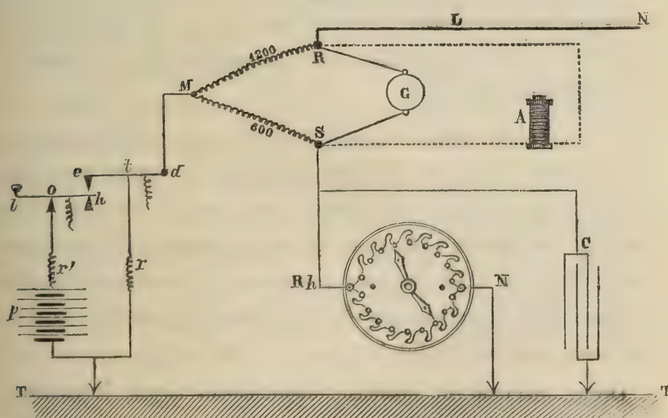
Suivant les cas, il pourra arriver que le conducteur RGS soit traversé par un courant dans le sens RS, ou par un courant dans le sens SR, ou même qu'il n'y ait pas du tout de courant dans cette portion du système.

S'il y a courant, le galvanomètre G en accusera la présence par sa déviation; s'il n'y en a pas, l'aiguille du galvanomètre restera au zéro.

L'expérience et un calcul élémentaire font voir que le galvanomètre reste au zéro quand les résistances MR, MS, RN, SN sont proportionnelles, c'est-à-dire que $\frac{MR}{MS} = \frac{RN}{SN}$.

L'installation pour la transmission simultanée avec

Fig. 4.



deux Hughes n'est autre que celle de la *fig. 4*, dans laquelle RN représente le fil de ligne; les côtés MR, MS,

SN étant remplacés par des bobines de résistance placées dans le poste; au moyen d'un commutateur on peut à volonté remplacer le galvanomètre par un récepteur A.

On donne aux bobines qui représentent MR et MS des résistances fixes (1200 et 800 unités).

Pour SN on emploie un rhéostat à résistance variable qu'on règle par tâtonnement de façon que $\frac{1200}{800} = \frac{\text{ligne}}{\text{rhéostat}}$.

Nous verrons plus loin comment s'opère ce réglage.

Cela posé, supposons qu'on envoie le courant en agissant sur le manipulateur; le courant se bifurque en M; une partie ira sur la ligne par MRN, l'autre à la terre par MS et le rhéostat; si la proportionnalité des résistances existe, aucun courant ne traversera le récepteur placé entre R et S.

Si l'on reçoit pendant qu'on ne transmet pas, le courant de la ligne arrivant en R se bifurquera; une partie ira à la terre en traversant RM et le manipulateur; une autre partie traversera le récepteur G, et du point S, se rendra à la terre par SM et le manipulateur et aussi à travers le rhéostat R*h*.

Si le courant reçu coïncide avec le courant d'émission, dans toutes les branches du système, les deux courants s'ajouteront s'ils sont de même sens, ou s'annuleront en tout ou en partie s'ils sont de sens opposé. En tout cas dans la partie RGS, *comme le courant d'émission doit être égal à zéro, la somme ou la différence de celui-ci avec le courant reçu est toujours égale à ce dernier.*

Donc, quand un courant vient de la ligne, il produit toujours le même effet sur le récepteur, soit que l'on transmette ou que l'on ne transmette pas en même temps.

Puisque, d'autre part, le courant d'émission seul n'agit

pas sur le récepteur, les conditions de la transmission simultanée sont remplies.

Pour compléter le système, il reste à installer un conducteur pour empêcher l'effet du courant de retour (*) de la ligne comme avec le relais différentiel.

Le manipulateur subit également une modification : le levier, qui dans les derniers modèles de l'appareil Hughes oscille en suivant les mouvements du chariot, est ici divisé en deux parties isolées l'une de l'autre (*fig.* 5) : la partie de gauche est en communication avec la pile. Quand on transmet, le levier manipulateur bascule, la partie *h* soulève le levier *de* à travers lequel le courant se rend en M pour de là se bifurquer comme il a été dit.

Quand le levier *de* est au repos, il repose sur un contact *t* en communication avec la terre ; dans cette position, tout courant venant de la ligne au manipulateur va à la terre suivant le chemin *tr*.

Si, au contraire, le levier *de* est soulevé au moment où un courant vient de la ligne, le courant ira à la terre en traversant la pile *p*.

Pour que, dans les deux cas, la résistance du circuit soit la même, on intercale en *r* une bobine de résistance égale à celle de la pile.

Le récepteur doit être placé entre les points R et S. Pour faciliter le réglage, on peut intercaler entre ces deux points un galvanomètre très-sensible. Sur la boîte de ce galvanomètre se trouve un commutateur au moyen duquel on met soit le récepteur, soit le galvanomètre dans le circuit RS.

Réglage. — La marche à suivre pour régler le système est la suivante : On établit le commutateur de façon à mettre le galvanomètre dans le circuit RS ; puis on en-

(*) Et du courant de charge.

voie un courant prolongé en soulevant la partie *h* du manipulateur. Si les résistances ne sont pas proportionnelles, le galvanomètre dévie; on fait alors varier la résistance du rhéostat jusqu'à ce que l'aiguille reste au zéro : puis on envoie des courants successifs; si après chacun de ces courants l'aiguille devie, cela provient du courant de retour; on fait varier alors le condensateur jusqu'à disparution de cet effet.

On met ensuite le commutateur sur appareil, et le système est prêt à fonctionner quand chacun des deux postes a ainsi opéré. Le synchronisme des appareils et la sensibilité des électro-aimants se règlent comme d'habitude.

Il va sans dire que les appareils Hughes doivent être en assez bon état pour bien fonctionner en transmission simple, sans quoi l'on pourrait attribuer au système les dérangements provenant de l'appareil.

Le récepteur employé est un Hughes ordinaire sans modification : il n'en est pas de même de l'appareil employé à la transmission.

On a vu plus haut la modification apportée à la disposition du levier manipulateur.

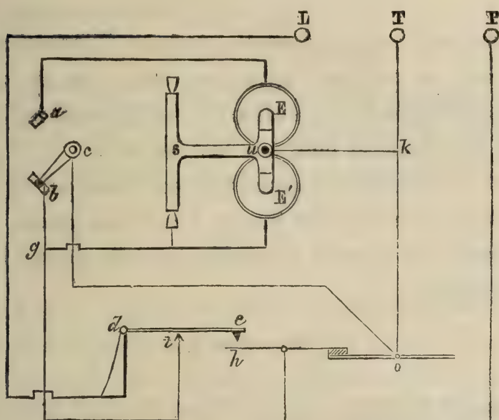
On a de plus attaché à ce levier une pièce qui, agissant d'autre part sur le levier d'échappement, transmet à celui-ci les mouvements du chariot, ce qui produit l'impression sans passage du courant dans les bobines (système Terral et Mandroux).

On évite ainsi les variations de résistance qui auraient lieu lors de la dérivation par la palette si les bobines étaient dans le circuit.

Les communications électriques ont dû aussi être modifiées. La *fig.* 5 indique la disposition adoptée.

Pour la transmission simultanée, la manette *c* se met

Fig. 5.



sur le contact *b*; si alors on soulève un goujon, le levier *ho* bascule, soulève *de*, et le courant se rend sur la ligne par le chemin P*hed*L. Si pendant que *de* est soulevé survient un courant de la ligne, il ira à la terre en suivant le même chemin L*deh*P et la pile.

Si un courant vient de la ligne pendant que *de* est au repos, le courant ira à la terre par le chemin L*dtbco*T ; la résistance additionnelle *r*, dont nous avons parlé plus haut, étant placée hors de l'appareil entre la borne T et la terre ou parfois entre cette borne et le point *k* qui la relie au massif de l'appareil.

On peut employer cet appareil pour la communication ordinaire en mettant la manette *c* sur le contact *a*. Le courant reçu se rend alors à la terre en traversant les bobines EE′ par le chemin L*dtg*E′E*acok*T.

Le courant envoyé se rend sur la ligne par la voie P*hed*L.

Note A.

Nous avons vu que dans le système différentiel le courant émis se partage également dans les deux fils de l'électro-aimant d'où résultent des aimantations contraires qui n'ont aucun effet sur les noyaux.

Soit C l'attraction magnétique produite par le passage du courant dans un des fils de l'électro-aimant. Comme le courant agit en sens contraire dans les deux fils, l'effet résultant sera :

$$C - C = 0.$$

Quand le courant de ligne arrive seul, il traverse avec toute son intensité le circuit *a* et va à la terre par le manipulateur; un courant dérivé plus ou moins faible traverse le circuit *b* et va à la terre en traversant le rhéostat.

L'effet de ces deux courants est dans le même sens. Soient A l'attraction magnétique due au premier et B celle due au second.

L'attraction totale sera A + B.

Supposons maintenant que l'on transmette en même temps que l'on reçoit. Si les courants d'émission et de réception sont de même sens sur la ligne, ils ajouteront leur effet dans le circuit *a* et se neutraliseront dans le circuit *b*. Dans le premier, l'attraction sera A + C; dans le second, B — C. L'action totale sera donc :

$$A + C + B - C = A + B.$$

Si, au contraire, les courants émis et reçus sont opposés sur la ligne, ils se neutraliseront dans le circuit *a* et s'ajouteront dans le circuit *b*.

Dans le premier, l'attraction sera A — C; dans le second, elle sera B + C.

L'action totale sera :

$$A - C + B + C = A + B.$$

On voit que, dans tous les cas, l'action magnétique est la même : et cela que les courants envoyés de chaque poste soient de même sens ou de sens opposé.

Note B.

Dans l'un et l'autre système, au moment où le levier manipulateur soulève le levier *de*, la pile se trouve pendant un instant très-court en communication avec la terre à travers la seule résistance r. Cette communication momentanée ne gêne pas le travail; elle retarde seulement d'un temps très-petit le moment de l'émission du courant; mais, comme elle est souvent répétée, si la résistance r était trop petite, la pile s'épuiserait rapidement.

On peut alors ajouter entre la pile et le manipulateur une nouvelle résistance r' et augmenter r de façon que $r = r' + p$.

CAILLERET,

Lille. Employé des lignes télégraphiques.

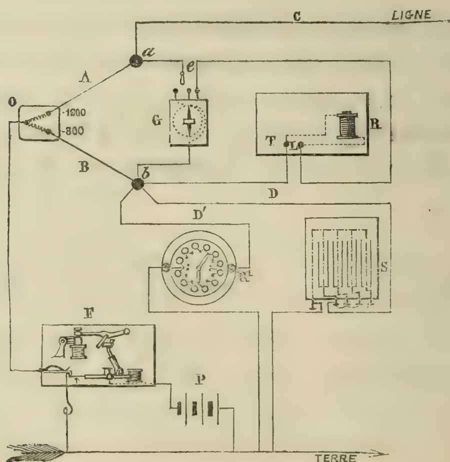
MONTAGE

D'UN

POSTE POUR LA TRANSMISSION DOUBLE

AVEC APPAREILS HUGHES.

La figure ci-dessous indique le montage d'un poste pourvu d'appareils Hughes pour la transmission double.



Elle mentionne les chiffres des résistances adoptées à Paris pour le service de la ligne du Havre. O est une caisse de résistances contenant les deux branches de proportion A et B du pont respectivement égales à 1.200 et

800 unités. Les deux autres branches du pont sont fournies, l'une par la ligne C, l'autre par les circuits D et D' composés d'un condensateur et d'un rhéostat circulaire, représentant par leur ensemble la ligne artificielle. La résistance de ce rhéostat varie, suivant l'état de la ligne, de 1.600 à 2.400 unités ; ce qui montre, d'après la valeur des résistances de proportion, que la résistance de la ligne, plus celle des appareils à l'arrivée, varie de 2.400 à 3.600 unités environ. La distance de Paris au Havre est de 228 kilomètres ; le fil de ligne a 5 millimètres de diamètre. La capacité du condensateur est en moyenne de 11 microfarads.

F est l'appareil Hughes transmetteur à déclanchement mécanique ; le levier qui, dans les nouveaux appareils Hughes, présente une analogie complète avec celui du manipulateur Morse, agit sur un second levier relié à la ligne, et qui, à l'état de repos, appuie sur un contact en communication avec la terre par l'intermédiaire d'une résistance égale à celle de la pile. De cette façon, la ligne au départ est toujours reliée à la terre, soit par le levier et la pile quand une touche est abaissée, soit par la résistance égale à celle de la pile quand on ne transmet pas ; enfin R est l'appareil Hughes récepteur.

Le commutateur *e* permet d'intercaler à volonté dans la diagonale du pont, entre *a* et *b*, soit le galvanomètre G, soit le récepteur R.

EXPOSÉ SOMMAIRE ET CRITIQUE

D'ESSAIS DE TRANSMISSION SIMULTANÉE

SYSTÈME STEARNS.

La transmission simultanée en sens inverse préoccupe à bon droit beaucoup d'esprits.

Ce procédé qui n'était, il y a vingt ans, qu'une ingénieuse expérience de cabinet, vient de prendre définitivement pied dans la pratique, et malgré les améliorations de détail qu'il appelle encore, il a déjà réalisé une grande partie de ses promesses.

Notre intention n'est pas de passer en revue toutes les solutions de cet intéressant problème; nous nous bornerons à apprécier celle qui a été imaginée par M. Stearns, et dont les essais se poursuivent sous nos yeux; nous exposerons les faits dont nous sommes encore le témoin, les observations qu'ils soulèvent et les conséquences qui nous semblent en découler.

Depuis que le mode de transmission duplex, système Stearns, a été mis à l'essai (*) entre Paris et Lille, de remarquables résultats ont été réalisés; le nombre des télégrammes transmis en une heure a varié de 90 à 100, et nous l'avons vu même s'élever jusqu'à 105. Mais assez rares ont été les jours où le travail a suivi une marche régulière et continue; il a été fréquemment contrarié pour des causes multiples, dont quelques-unes échappent encore à notre examen, mais qu'il faut

(*) Les essais n'ayant pas donné des résultats réguliers ont été suspendus.

attribuer pour la plupart aux appareils Hughes affectés à ces expériences, à l'état du conducteur électrique, enfin à l'emploi du pont de Wheatstone.

§ 1. Avec ce système, que chaque récepteur fonctionne isolément ou que la transmission soit simultanée, un calcul très-simple démontre que la fraction de courant qui le traverse, dans les circonstances les plus favorables, n'est que les 0,17 de la masse totale du fluide fournie par la source électrique, ce qui explique la nécessité de recourir à une pile d'une certaine énergie et de donner aux appareils leur maximum de sensibilité. Mais on ne saurait augmenter outre mesure la batterie sans risquer de détériorer les parties ténues des organes de transmission, telles que les électro-aimants; l'échauffement qui en résulterait leur serait fatal; d'autre part, plus le courant est intense, plus ses variations, produites par les pertes le long de la ligne, sont accentuées et la transmission duplex réclame avant tout un moteur de force aussi constante que possible.

Pour ces motifs, on a limité la batterie en usage à Paris et à Lille à 90 ou 100 éléments Callaud ; elle suffit à peu près à sa tâche; mais son effet utile est loin d'être égal à celui d'une pile de 35 éléments, qui en temps normal assure largement la communication alternative.

Aussi est-on obligé de détendre les ressorts des récepteurs à leur extrême limite, ce qui est un inconvénient sérieux, puisqu'avec un appareil ainsi réglé, les retards et les déraillements sont à peu près inévitables.

Il est donc essentiel que le constructeur s'attache à fabriquer avec le plus grand soin les appareils affectés à la double transmission, de manière à éviter toute déperdition de force vive et les effets, toujours nuisibles, mais ici plus qu'ailleurs, du magnétisme rémanent.

§ 2. Si la solution du problème qui nous occupe a pu passer du domaine de la spéculation pure à la pratique, il faut attrbuier en grande partie ce précieux résultat aux perfectionnements apportés dans l'installation des lignes aériennes. Le choix méthodique des isolateurs, et le mode ingénieux de raccordement des couronnes de fil, qui fait que le conducteur forme, sur son entier développement, un chemin aussi continu que s'il sortait tout d'une pièce de l'usine, ont permis de réaliser d'importants progrès et d'utiliser des instruments qui jadis ne fonctionnaient que dans les cabinets de physique.

Malgré ces améliorations, les lignes aériennes ne sont pas encore entièrement soustraites à l'influence de l'état hygrométrique de l'atmosphère; nous en avons la preuve palpable dans les indications du rhéostat du circuit de compensation, que nous avons vu varier entre les limites de 2.300 à 1.400 unités.

Lorsque le rhéostat marque 1.400, la fraction du courant qui traverse les récepteurs est presque insignifiante, et la communication impossible; ce cas est heureusement exceptionnel; c'est un accident local et fortuit qui doit le produire, mais il n'est pas rare de voir l'appareil de résistance varier, dans la même journée, de 200 ou 300 unités. Ces variations sont inévitables; du reste, lorsqu'elles ne surviennent que dans ces limites restreintes, elles ne compromettent pas outre mesure la régularité de marche du service.

Par un temps sec, couvert ou sans nuage, le rhéostat oscille autour de 2.200 unités (*). Fait assez curieux et dont la cause n'est pas encore bien définie, le rhéostat de

(*) La résistance du fil aérien qui servait aux expériences, mesurée à Lille par un temps très-sec, a été trouvée de 2.940 lorsque ce conducteur était mis à la terre à Paris, et de 11.000.000 lorsqu'il y était isolé.

Paris est toujours réglé à un chiffre supérieur de 500 ou 600 unités à la résistance de celui de Lille.

La différence de longueur des lignes souterraines de Lille et de Paris dépasse 8 kilomètres, mais elle ne doit pas être l'unique cause de cette particularité. Peut-être convient-il de l'attribuer à ce que les branches fixes des deux parallélogrammes n'ont pas effectivement des résistances identiques, bien que ces appareils semblent établis dans les mêmes conditions.

§ 3. Il nous reste à parler du système Stearns lui-même. Il se caractérise, comme on sait, par l'emploi de l'appareil connu sous le nom de parallélogramme de Wheatstone et d'un condensateur de forme spéciale.

L'application du pont de Wheatstone à la transmission simultanée est séduisante et ingénieuse, mais elle a bien ses inconvénients ; nous avons déjà eu l'occasion de faire observer qu'elle n'utilise qu'une fraction très-faible du fluide fourni par le générateur électrique ; en second lieu, les pertes qui se produisent sur les lignes modifient fréquemment la répartition des tensions, rompent l'équilibre de la balance et sont d'autant plus nuisibles que les récepteurs ont dû être réglés pour être actionnés par des courants très-peu énergiques.

D'autre part, il n'importe pas moins de combattre l'influence de la décharge qui est d'autant plus accentuée que le conducteur aérien est plus long et mieux isolé ; c'est dans ce but que M. Stearns a imaginé un condensateur dont il fait varier la capacité électrique suivant l'état de la ligne.

Le courant de retour ne paraît pas être un obstacle à la correspondance lorsque les postes travaillent séparément ou quand la transmission simultanée commence et finit au même instant. Mais si l'un des contacts cesse

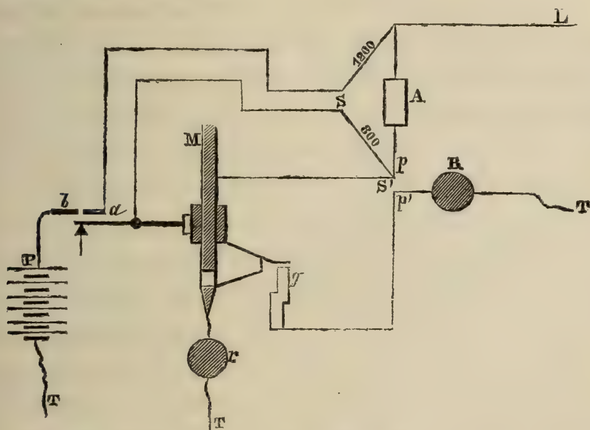
avant l'autre, l'émission qui persiste se trouve affaiblie par le courant de décharge, au point d'être rendue impuissante à remplir sa fonction. C'est alors qu'intervient utilement l'ingénieux artifice du condensateur, qui atténue, sans toutefois la détruire d'une manière absolue, cette cause sérieuse de perturbation.

Le rôle du condensateur consiste donc, par le fait, à corriger l'insuffisance de l'intensité du courant qui agit sur l'appareil récepteur, et tout moyen qui permettrait de tirer meilleur profit de la batterie dont on dispose concourrait au même but; nous croyons devoir en indiquer un, basé sur l'observation suivante :

Lorsque le rhéostat est à 1.600, chiffre qui est à peu près la limite au-dessous de laquelle le travail n'est plus possible, l'appareil récepteur n'est traversé que par les 0,45 du courant qui vient de la ligne. Mais si, par une disposition facile à imaginer, on supprime le pont au bureau d'arrivée où il est inutile, en amenant la ligne à la terre sans autre intermédiaire que la dérivation qui comprend le récepteur, toute la masse du fluide sera utilisée. On n'en bénéficierait, il est vrai, que dans la transmission simple; lorsque les deux postes travailleraient en même temps, on retomberait à peu près dans les conditions ordinaires, avec une légère amélioration produite par l'augmentation de résistance du circuit compensateur. Le calcul indique en effet qu'il faudrait le porter de 1.600 à 1.775 unités. Or, pendant la transmission simultanée, on tire de la source d'autant plus de profit que la résistance du rhéostat est plus considérable. D'après ce principe, il conviendrait d'intercaler entre le récepteur et la terre une résistance variable de manière à élever celle du circuit compensateur jusqu'à une limite

que l'expérience, guidée par le calcul, pourra fixer dans chaque cas particulier.

Voici l'une des solutions les plus simples de ce problème :



La branche 800 du parallélogramme serait reliée au levier du manipulateur, isolé du massif M ; l'autre branche 1.200 aboutirait à la lame *a*, de telle sorte que le levier soulevé, en venant au contact des deux lames *a* et *b*, fermerait l'angle S du pont et établirait au même moment le contact de pile.

De même l'angle S′ serait fermé dès que le goujon *g* aurait soulevé le chariot et rompu la communication entre le massif et la terre. Toutes ces opérations seraient connexes et simultanées et le pont constitué à l'instant même de l'émission. Au repos il n'existerait pas, et le courant venant de la ligne L n'aurait, pour se rendre à la terre, que le chemin A*p*M*r*T ; il traverserait donc en totalité l'appareil récepteur. La résistance du rhéostat *r* serait, comme celle du rhéostat du pont, en rapport avec l'état de la ligne.

Quelques exemples feront nettement ressortir les avantages de cette disposition.

Admettons que l'on fasse usage d'une batterie de résistance 500 et de force électromotrice E, et que, dans les conditions actuelles de fonctionnement du système Stearns, la cote du rhéostat soit 2.300. Si l'on calcule, à l'aide des lois de Kirchhoff, quelle est, dans cette hypothèse, la fraction i de courant qui traverse le récepteur en transmission simple ou simultanée, on trouve qu'elle est égale à $E \times 0,000075$. Si l'on n'y introduit le pont qu'au moment de l'émission, par le procédé que nous venons d'indiquer, en faisant $r = 3.000$, la valeur de i devient 0,000111 lorsqu'un seul poste travaille; la résistance du rhéostat devrait alors être élevée de 2.300 à 4.350 unités, et par ce fait le courant qui agirait sur les appareils aurait une intensité égale à $E \times 0,000107$, quand les deux postes sont en même temps sur contact.

Autre exemple. Lorsque le rhéostat est à 2.000, qui représente sa moyenne habituelle à Lille, dans toute la saison d'automne et d'hiver, il y a nécessairement sur la ligne des pertes qui, si on les suppose concentrées au milieu de sa longueur, se produisent par une dérivation d'une résistance égale à 7.390 unités. Dans ces conditions, la valeur de i descend à $E \times 0,000067$, tandis que si l'on adopte la disposition que nous proposons, en faisant $r = 2.000$, elle se relève à 0,000099 quand chaque poste travaille séparément, et à 0,000096 pendant la transmission simultanée. Sans aborder l'hypothèse plus complexe de dérivations multiples, nous nous croyons en droit de conclure, des calculs qui précèdent, que cette modification, dont l'application ne présenterait aucune difficulté pratique, accroîtrait de 30 à 40 p. 100 l'intensité du courant qui traverse les récepteurs.

Nous ne voulons pas terminer sans dire un mot du système différentiel qui a été la première solution du problème, se recommande par sa simplicité et tire du générateur électrique meilleur profit que le procédé du Pont.

Essayé avec le récepteur Morse sous la forme de relais, il a donné de bons résultats; mais il ne réussit pas si le manipulateur, comme celui de l'appareil Hughes, fournit des contacts de très-courte durée.

Cet insuccès doit être attribué, selon nous, au relais, et nous croyons qu'il ne serait pas à redouter si l'on appliquait la méthode différentielle à l'appareil récepteur lui-même, c'est-à-dire si les bobines de son électro-aimant étaient construites avec deux fils enroulés en sens inverse.

L'expérience n'en a pas été faite, que nous sachions, et rien n'indique *a priori* qu'il soit superflu de la tenter.

E. Cael.

TRANSMISSION SIMULTANÉE DES SIGNAUX

DANS LES DEUX SENS

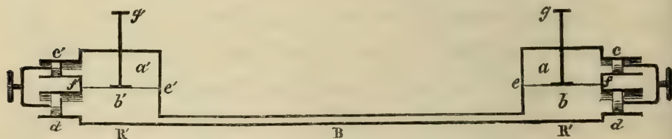
A L'AIDE DES APPAREILS A AIR COMPRIMÉ.

PAR M. MARCEL DEPREZ.

On sait que dans la télégraphie électrique, à l'aide d'une disposition spéciale des courants, on est parvenu à transmettre simultanément des signaux dans les deux sens avec un seul fil.

On peut aussi, avec les appareils télégraphiques à air comprimé, concevoir une disposition qui réalise le même effet, et c'est cette disposition que nous nous proposons de décrire.

Les deux réservoirs d'air R et R' sont formés chacun de deux capacités *a*, *b* et *a'*, *b'* séparées par une membrane élastique *ef*, *e'f'*. Des pistons *c*, *d* et *c'*, *d'*, servant à transmettre les signaux, compriment à la fois l'air dans les deux capacités, ainsi que l'indique la figure.



Les surfaces des pistons *c* et *d* de l'un des réservoirs R sont dans le même rapport que les volumes d'air *a* et

(*) Extrait du *Journal de physique* (1874).

$b + B + b'$, a étant le volume de la partie supérieure du réservoir, b celui de la partie inférieure, B le volume du tuyau de communication et b' celui de la partie correspondante du réservoir d'arrivée.

Les tiges des pistons c et d sont solidaires et se déplacent de quantités égales. Il est facile de voir que si l'on pousse ce double piston c, d, en vertu de la loi de Mariotte, les masses d'air sur lesquelles agissent ces deux pistons étant comprimées proportionnellement à leurs volumes, leurs pressions respectives s'accroîtront dans le même rapport, et par conséquent resteront égales, si elles l'étaient originellement, de telle sorte que la membrane ef qui divise le réservoir A, éprouvant des actions égales de part et d'autre, ne subira aucun déplacement.

Mais il n'en sera pas de même de la membrane $e'f'$ placée dans le réservoir R'. Si le piston d' ne cède pas sous l'action de la compression exercée en b', on voit que la membrane $e'f'$ sera soulevée, puisqu'elle recevra l'action de l'air comprimé en b', tandis que la pression de l'air en a' ne sera pas modifiée. Cette membrane portant une tige g', le signal produit par le déplacement des pistons a et b sera transmis à l'extérieur.

Si les pistons a' et b' se sont déplacés dans un sens ou dans l'autre, en les supposant toujours solidaires et construits selon les règles déjà données, leur déplacement n'exercera aucune action sur la membrane $e'f'$ et n'altérera pas le mouvement qui lui est imprimé par le déplacement des pistons a et b du point de départ ; mais, réciproquement, il se sera produit un déplacement de la membrane ef du réservoir de départ.

Ainsi donc chaque mouvement de l'un des couples de pistons sera accusé par un mouvement correspondant de la membrane opposée, alors même que pendant ce temps

les pistons du réservoir de cette même membrane seraient eux-mêmes en mouvement.

L'appareil ainsi disposé remplit donc toutes les conditions pour permettre une transmission simultanée de signaux dans les deux sens.

LES

DERNIERS PERFECTIONNEMENTS

DE L'APPAREIL HUGHES.

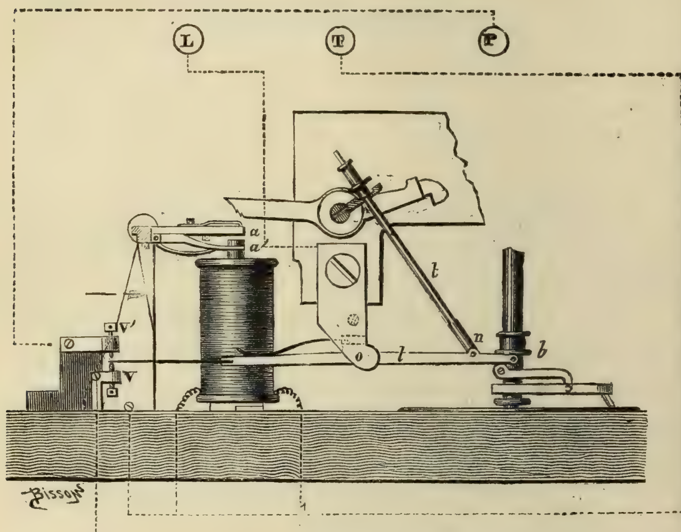
Le télégraphe Hughes a été depuis plusieurs années l'objet de perfectionnements importants que nous nous proposons de résumer dans cette note.

On sait que dans ce système tout changement brusque dans l'intensité du courant se traduit par de l'avance ou du retard dans le moment du soulèvement de l'armature. Le plus souvent cette perturbation résulte d'une variation subite de l'état électrique du conducteur; mais parfois aussi elle provient de contacts défectueux dans les organes qui constituent le manipulateur.

C'est en vue d'atténuer cette dernière cause de dérangement que M. Hughes avait proposé d'utiliser le commutateur à manette placé sur l'appareil, pour conduire directement à la terre, au sortir des bobines, le courant d'arrivée, sans le faire passer par le chariot. La difficulté n'était qu'à moitié vaincue puisque rien n'était changé à la station de départ; mais l'inventeur ne tarda pas à trouver une solution plus complète de la question.

Dans celle qu'il proposa en 1872, les goujons et le chariot n'ont plus qu'un rôle purement mécanique; les fonctions électriques qui leur incombaient sont confiées à un levier spécial l (*fig.* 1), oscillant entre deux buttoirs, comme celui du manipulateur Morse.

Ce levier, qui pivote autour du point O, est relié à la lèvre du chariot par l'intermédiaire d'une bague *b*, à gorge profonde, mobile sur l'arbre vertical. Chaque mou-



vement de la lèvre détermine une oscillation correspondante du levier, dont l'extrémité libre vient rencontrer alternativement les vis V et V', qui communiquent respectivement à la terre et à la pile.

Au repos de la lèvre du chariot, le levier appuie contre la vis V; dans cette situation, tout courant venant de la ligne traverse d'abord les bobines, puis le ressort de contact de la came correctrice, le massif de l'appareil, le levier *l* et la vis V qui le conduit à la terre : c'est la position de réception. Pendant la transmission, c'est-à-dire lorsque la lèvre est soulevée par un goujon, le levier *l* est amené contre la vis V', et le courant émis s'écoule sur la

ligne par cette dernière vis, le levier l, le massif, le ressort de la came et enfin l'électro-aimant.

De même que dans les dispositions anciennes, le commutateur inverseur permet d'orienter l'électro-aimant selon le sens des courants échangés (*).

A peine cette modification, qui réalisait un progrès notable dans les communications de l'appareil Hughes était-elle connue, que deux agents spéciaux de l'administration, MM. Terral et Mandroux, la prenaient comme point de depart d'un perfectionnement nouveau.

Frappés de la gêne qui résulte dans la pratique du service de l'obligation d'employer aux stations extrêmes des courants de noms contraires, et de la complication, il est vrai plus apparente que réelle. qu'introduit dans la distribution du courant le commutateur inverseur, MM. Mandroux et Terral s'étaient proposé de ramener les communications de l'appareil Hughes à la simplicité de celles du télégraphe Morse. Le nouveau levier de transmission leur en facilitait le moyen.

Ils articulent sur ce bras, au point n, une tringle t dont l'extrémité supérieure transmet au levier de détente tous les mouvements de la lèvre du chariot (**), de telle sorte que chaque fois que celle-ci rencontre un goujon soulevé, l'échappement fonctionne et qu'une lettre s'imprime sans aucune intervention de l'électricité. Dès lors, il devenait inutile de maintenir les bobines sur le trajet du courant émis, qui pouvait être envoyé directement sur la ligne par la route V′, l, L. L'électro-aimant se trouvait reporté

(*) La *fig.* 1 n'indique pas cette marche de courant : elle se rapporte à la description qui va suivre.

(**) Pendant la réception, cette tringle n'est pas un obstacle au fonctionnement du levier de détente, qui peut se mouvoir librement sans la rencontrer.

entre le butoir de repos V et la terre, et le courant d'arrivée traversait l'appareil en suivant la voie L, l, V, bobines, T.

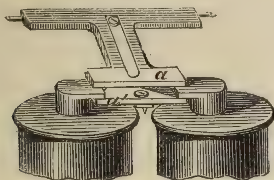
Comme conséquence de cette disposition, les électro-aimants des postes correspondants étaient orientés une fois pour toutes de manière à permettre aux stations correspondantes d'employer des courants de même nom, et le commutateur inverseur, qui n'avait plus de raison d'être, disparaissait. Ajoutons enfin que les bobines de l'appareil transmetteur n'étant plus dans le circuit, la résistance de celui-ci est réduite de 1.200 ohms, ce qui augmente proportionnellement l'intensité du courant émis.

Mais ici se présentait un sérieux inconvénient : les modifications qui précèdent entraînaient la suppression du ressort interrupteur, et lorsque l'appareil devenait récepteur chaque retour de l'armature à sa position de repos donnait naissance à un courant induit tendant à la repousser de nouveau. Pour tourner cette difficulté, MM. Terral et Mandroux ont dû recourir à un artifice : au courant induit dont il s'agit, ils opposent un autre courant de même nature, mais de nom contraire, qui suit le premier à un intervalle si rapproché qu'on peut admettre qu'il se confond avec lui et le neutralise. Cet effet est obtenu à l'aide d'une deuxième armature a', solidaire de la première, a, mais placée sous les surfaces polaires de l'électro-aimant, contre lesquelles elle vient s'appliquer lorsque l'armature a s'en détache, et dont elle s'éloigne à son tour lorsque celle-ci reprend sa position de repos (*fig.* 2).

Le chevalet qui porte les armatures étant relié à la sortie des bobines, la dérivation par l'armature et le massif s'établit comme à l'ordinaire au moment voulu,

c'est-à-dire lorsque le courant a produit dans l'électro-aimant son effet utile.

Fig. 2.



Un certain nombre d'appareils Hughes ainsi modifiés ont été mis en service au commencement de l'année 1875 sur les fils principaux ; ils fonctionnent avec une régularité parfaite.

Une autre solution à peu près semblable du même problème a été proposée par MM. Alba, employé à Toulouse, et Rouget, agent spécial attaché au même bureau. Dans ce projet, le levier l, au lieu d'agir directement sur la détente, venait soulever l'armature qui provoquait à son tour le jeu de l'échappement.

H. Clérac.

COMMUTATEUR GÉNÉRAL DE PILE.

I

On peut désigner sous ce nom un instrument destiné à grouper d'une manière quelconque les éléments d'une pile donnée. La nécessité d'un pareil instrument se fait sentir quand on fait des cours ou des recherches, lorsqu'on a à se servir de la même pile pour des circuits extérieurs de résistances très variables. On sait qu'il y a toujours, dans les divers cas, un mode de groupement des éléments de la pile plus avantageux que tous les autres pour obtenir un effet déterminé. D'autre part, pour un même circuit extérieur, on peut avoir à faire varier la résistance de la pile, comme par exemple lorsqu'on veut démontrer la vérité des conséquences qu'on déduit de la formule de Ohm.

On sait aussi qu'il y a trois modes principaux de groupement d'éléments de pile : les groupements en *tension* ou *série*, en *surface* ou *quantité*, et le groupement *mixte* qui consiste à réunir en série un certain nombre d'éléments préalablement réunis en surface.

Il est clair qu'à la rigueur on n'a pas besoin d'un instrument spécial pour effectuer ces groupements ; il suffit de changer les liaisons des pôles des éléments entre eux : mais il en résulte alors une perte de temps considérable, et le plus souvent des changements dans les contacts métalliques des divers pôles, d'où peuvent provenir des

résistances accessoires et des inégalités dans l'énergie électrique de chaque élément.

Il est vrai qu'on peut, en rangeant les éléments les uns à côté des autres, imaginer et réaliser facilement un système mécanique permettant de mettre immédiatement *tous* les éléments *à la fois* en série ou en surface. C'est ce qu'on fait notamment dans les *batteries secondaires* de M. Planté, où l'on réunit les éléments en surface pour les charger et en série pour les décharger. Mais quand il s'agit de grouper à volonté un, deux ou un nombre quelconque d'éléments et non tous à la fois, et surtout quand il s'agit d'opérer un groupement mixte, la difficulté pratique augmente beaucoup.

En fait, la plupart des personnes qui ont besoin d'effectuer souvent les changements dont il est question reconnaissent l'utilité d'un instrument spécial permettant de les opérer rapidement et en toute sécurité.

Voici deux solutions de ce problème pratique :

II

L'instrument connu sous le nom de *Commutateur suisse* fournit une première solution.

Ce commutateur est formé d'une série de bandes en cuivre, vissées sur une planchette isolante en bois, parallèles, et percées, ainsi que la planchette, d'ouvertures équidistantes ; une seconde série de bandes en cuivre parallèles entre elles et perpendiculaires aux premières est fixée à la partie inférieure de la planchette. On met en communication une bande supérieure avec une bande inférieure à l'aide d'un bouchon ou fiche métallique.

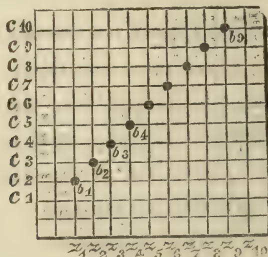
Prenons un commutateur à 10 fils.

Faisons communiquer avec les bandes supérieures,

par exemple, les pôles négatifs Z_1, Z_2, Z_3, Z_4..... Z_{10} des 10 éléments, et avec les bandes inférieures les pôles positifs C_1, C_2, C_3, C_4...... C_{10}.

1° Il est facile alors de grouper ces éléments en séries (*fig.* 1).

Fig. 1.



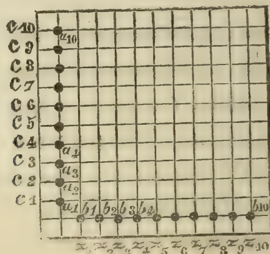
En effet, en enfonçant le bouchon b_1, on met le zinc Z_1 du 1[er] élément en communication avec le cuivre ou charbon C_2 du 2[e] élément : en prenant alors pour pôles C_1 et Z_2, on a une pile de 2 éléments en tension.

En ajoutant le bouchon b_2 et prenant le pôle négatif en Z_3, on a 3 éléments en tension, et ainsi de suite.

2° Il est également facile de grouper les éléments en surface.

Il suffit en effet (*fig.* 2), en plaçant en C_1 et Z_1 les pôles

Fig. 2.

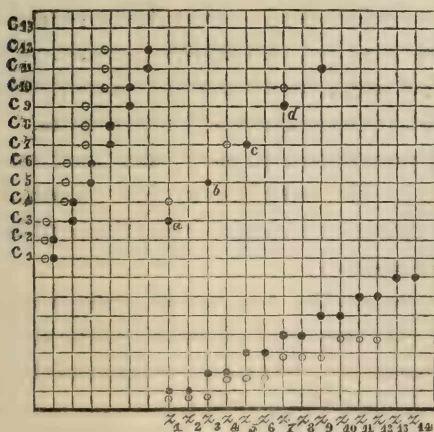


positif et négatif de la pile, d'enfoncer les bouchons a_1 et a_2 d'une part, b_1 et b_2 de l'autre : on a alors un élément à surface double. En ajoutant les fiches a_3 et b_3 on a un élément à triple surface...., etc.

3° Le groupement mixte peut aussi être réalisé, mais dans des conditions désavantageuses.

Il s'agit en effet ici d'obtenir 1, 2, 3...., etc., éléments *indépendants* à double, triple...., etc. surface. Or, la condition d'*indépendance* fait que d'après la construction du commutateur il est impossible de se servir de toutes les communications qu'offre l'instrument, et d'obtenir, par exemple, avec un commutateur à 20 fils, 10 éléments à double surface, ainsi que cela devrait pouvoir se faire. C'est ce qu'on voit nettement sur la *fig.* 3 qui représente

Fig. 3.



un commutateur à 20 fils avec deux solutions restreintes de groupements mixtes.

Si l'on considère seulementdans la figure les fiches représentées par des points noirs, on voit : 1° que les deux

zincs Z_1 et Z_2 sont réunis, ainsi que les zincs Z_3 et Z_4, Z_5 et Z_6...., etc.; 2° qu'il en est de même des cuivres ou charbons C_1, C_2, C_3,.... qui sont réunis par couples. Mais on voit tout de suite que pour que ces couples de zincs ou cuivres soient *indépendants* les uns des autres, il faut placer les fiches correspondantes sur des bandes successives de l'instrument, ce qui inutilise forcément tout un coin du commutateur; 3° qu'on obtient ainsi des éléments à *double surface* qui sont réunis les uns aux autres en *série* par les fiches placées sur une diagonale *a*, *b*, *c*, *d*... Ainsi, l'un des pôles de la pile étant maintenu en C_1, l'emploi de la fiche *a* donne une pile de 2 éléments à double surface dont le pôle négatif doit être fixé en Z_3. Avec les 2 fiches *a* et *b* on a une pile de 3 éléments à double surface dont le pôle négatif sera en Z_6..., etc.

Si l'on considère sur la même figure seulement les fiches représentées par des petites circonférences, on voit comment on peut obtenir une pile formée de 1, 2, 3 et 4 éléments à triple surface, et ainsi de suite.

Mais on remarquera qu'on ne peut ainsi, avec un commutateur à 20 fils, obtenir plus de 6 éléments à double surface, à moins de changer complétement la construction de l'instrument.

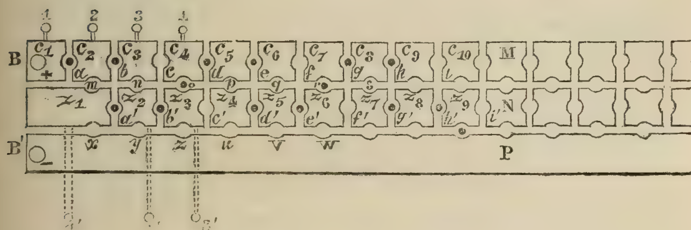
On peut donc dire, en résumé, que le commutateur suisse, tel qu'il est ordinairement construit, peut, à la rigueur, servir de commutateur *général* de pile, mais avec l'inconvénient que nous venons de signaler dans le cas où il s'agit de faire un accouplement mixte. On peut, de plus, lui reprocher sa surface un peu grande, et l'incertitude sur la bonté des contacts qui constitue le reproche sérieux qu'on fait à cet instrument.

III

La solution suivante du problème me paraît meilleure.

Imaginons (*fig.* 4) trois plaques en cuivre épais parallèles M, N, P, fixées dans une plaque épaisse d'ébonite. L'une d'elles, P, est lisse ; les deux autres sont découpées en pièces rectangulaires semblables, isolées les unes des autres et formant : les unes, la série marquée C_1, C_2, C_3.... sur la figure, communiquant à des boutons extérieurs 1, 2, 3, 4..... auxquels on fait aboutir les pôles positifs des éléments de pile ; les autres, la série Z_1, Z_2, Z_3..... communiquant par des fils isolés passant sous la plaque P à des boutons 1′, 2′, 3′..... auxquels on relie les pôles négatifs des mêmes éléments. Des encoches demi-circulaires telles que *a*, *b*, *c*..... *m*, *n*, *o*..... *a′*, *b′*, *c′*..... *x*, *y*, *z*..... sont pratiquées sur les diverses pièces de l'appareil, de façon qu'on puisse y enfoncer des fiches en cuivre qui font ainsi communiquer les pièces entre elles à l'aide de contacts visibles et sûrs par un procédé semblable à celui qu'on emploie actuellement dans la fabrication des caisses de résistances électriques.

Fig. 4.



Le pôle positif de la pile qui sera formée aboutit au bouton B, le pôle négatif au bouton B′.

1° *Accouplement en série ou tension.*

Si l'on place une fiche en *m* et une autre en *y*, le premier zinc Z_1 communique avec le second cuivre ou charbon C_2, et le 2e zinc Z_2 avec B′ : on a alors une pile de 2 éléments en tension. En général, si l'on enfonce les *n* premières fiches dans les encoches de la rangée *m*, *n*..... et si l'on met une fiche dans la $(n + 1)^{ième}$ encoche de la rangée *x*, *y*....., on a une pile de $n + 1$ éléments en série. Il suffit de regarder la figure pour s'en convaincre.

2° *Accouplement en surface.*

On réunit les cuivres en surface en mettant les fiches en *a*, *b*, *c*...., les zincs en mettant les fiches en *a′*, *b′*, *c′*..... et l'on fait communiquer l'un quelconque des zincs réunis, à l'aide d'une fiche, avec la plaque P. En mettant ainsi dans les 2 séries 2, 3, 4..... *n* fiches, on a un élément de pile à surface triple, quadruple, quintuple..... $(n + 1)$ fois plus grande que celle de l'un des éléments simples accouplés.

Rien n'est donc plus facile que la manœuvre destinée à produire les 2 modes d'accouplement simples.

3° *Accouplement mixte.*

Le procédé qui produit ce mode de groupement est tout aussi simple. Prenons un exemple. Supposons qu'on veuille avoir une série de 3 éléments à double surface.

On réunit d'abord C_1 et C_2 avec une fiche placée en *a*, puis C_3 et C_4 avec une fiche en *c*, puis enfin C_5 et C_6 avec une fiche en *e*.

Semblablement on réunit Z_1 et Z_2, Z_3 et Z_4, Z_5 et Z_6 avec des fiches en a', en c' et en e'.

En second lieu, une fiche mise en *n* réunit le double zinc Z_1Z_2 au double cuivre suivant C_3C_4 : une fiche en *p* réunit Z_3Z_4 à C_5C_6 ; une fiche en *u* ou en *v* réunit le double zinc Z_5Z_6 à la plaque P.

On a ainsi en B et B' les pôles d'une pile de 3 éléments à double surface réunis en tension.

En représentant les fiches par des points noirs, la *fig.* 4 convient à une pile de 3 éléments à triple surface.

On voit ce qu'il y a à faire dans tous les cas.

Les avantages que me paraît présenter cet appareil sont : une manœuvre facile, des contacts excellents et en tout cas visibles et vérifiables, l'utilisation complète de toutes les parties de l'appareil, en ce sens que s'il comporte 20 éléments simples, par exemple, on peut obtenir tous les groupements possibles de ces 20 éléments, 2 à 2, 3 à 3, 4 à 4....., une construction très-facile sans aucune complication, une surface très-petite, eu égard au nombre des éléments qu'il peut mettre en œuvre ; en recourbant les lames M, N, P en fer à cheval, on m'a construit dans les ateliers de l'Administration des lignes télégraphiques un appareil de ce genre qui, avec une surface d'environ 3 décimètres carrés seulement, s'applique aisément à 20 éléments. Dans ce cas, en divisant la bande P en deux bandes longitudinales séparées, et en ajoutant sur la seconde un bouton B'_1 analogue à B', on peut avoir deux piles *indépendantes* égales ou inégales à volonté. Ces deux bandes seraient réunies par une fiche quand on ne voudrait qu'une seule pile.

Il est clair d'ailleurs qu'on peut donner aux lames la forme que l'on veut en conservant leur disposition relative, et que les communications des pôles des éléments simples avec les boutons 1, 2, 3..... 1′, 2′, 3′..... doivent être en gros fil de cuivre isolé afin que la résistance de ces communications puisse être négligée comme celle des diverses parties des lames M, N, P.

E. Mercadier.

NOTE

SUR LES ISOLATEURS BROOKS

COMPARÉS

AUX ISOLATEURS EN PORCELAINE A DOUBLE CLOCHE.

PAR M. GAUGAIN (*).

Les pluies qui sont tombées en abondance dans ces derniers temps m'ont permis de déterminer de nouveau la résistance des isolateurs qui sont restés entre mes mains; ces isolateurs, mis en expérience il y a deux ans environ, n'ont subi depuis lors aucun nettoyage et, comme je l'ai indiqué dans mes précédentes notes, ils ont perdu en quelques mois plus des 9/10 de leur résistance initiale; mais depuis l'année dernière, ils ne se sont pas notablement modifiés.

Je me suis servi, pour la mesure des résistances, d'un couple au bichromate de potasse du système Delaurier, comme je l'avais fait dans mes précédentes expériences. Ce couple a été mis alternativement en communication avec la série des isolateurs en porcelaine et avec la série des isolateurs Brooks: j'ai interposé dans le circuit le même galvanomètre à long fil dont je m'étais servi l'année dernière.

(*) Voir *Annales télégraphiques*, 3e série, tome II, p. 47 et suiv. et p. 383 et suiv.

Avec la série des isolateurs en porcelaine, la plus grande déviation que j'aie obtenue cette année a été de 49°; elle avait été l'année dernière de 46°. Ces deux déviations sont peu différentes l'une de l'autre; à la vérité, le couple Delaurier qui, cette année, m'a fourni le courant, avait une force électromotrice égale seulement à 266 $\frac{\text{Bi} - \text{Cu}}{0 - 100^\circ}$, tandis que la force électromotrice du couple employé en 1875 était égale à 288. Il résulte de là que la résistance des isolateurs en porcelaine a encore un peu diminué dans le courant de l'année qui vient de s'écouler, mais seulement de 14 à 15 p. 100.

Avec la série des isolateurs Brooks, la déviation maxima a été cette année de 54°; l'année dernière, au mois d'octobre, elle s'était élevée à 63°. La différence de ces deux déviations est plus grande qu'elle ne devrait l'être si elle résultait exclusivement de la différence des forces électromotrices des couples employés; il semblerait donc que la résistance des isolateurs a augmenté l'année dernière, mais il est possible que les deux déviations maxima entre lesquelles j'établis la comparaison n'aient pas été obtenues dans des conditions atmosphériques tout à fait identiques. Dans tous les cas, il paraît certain que les isolateurs Brooks ne se sont modifiés que très-peu dans le courant de la dernière année.

En résumé, mes nouvelles expériences justifient les conclusions auxquelles j'étais arrivé l'année dernière (note du 24 octobre) (*). Les isolateurs Brooks, aussi

(*) Cette note est ainsi conçue :

« La résistance des isolateurs que j'ai mis en expérience n'a pas varié notablement dans le courant de l'été; elle est à peu près la même aujourd'hui qu'au printemps. Lorsque des isolateurs bien nettoyés sont exposés à l'air dans les conditions du service, ils perdent dans le délai de quelques mois une très-grande partie de leur résistance (plus des 9/10), mais il

bien que les isolateurs en porcelaine, perdent très-rapidement la plus grande partie de leur résistance lorsqu'ils sont exposés à l'air, mais au bout d'un temps assez court (trois ou quatre mois), l'altération des surfaces s'arrête pour les uns comme pour les autres, ou du moins ne fait plus de notables progrès. Si l'on pouvait nettoyer les isolateurs toutes les semaines ou seulement tous les quinze jours, on améliorerait de beaucoup, sans aucun doute, l'isolement des lignes; mais des nettoyages aussi fréquents n'étant pas praticables, il semble résulter de mes expériences qu'on pourrait, sans inconvénient grave, renoncer à toute espèce de nettoyage, puisque l'isolement n'est guère plus parfait avec des isolateurs mis en place depuis trois ou quatre mois seulement qu'avec des isolateurs qui ont été pendant deux ans exposés à l'air. J'ai remarqué, dès le début de mes recherches, que le rapport entre les résistances des deux systèmes d'isolateurs (isolateurs Brooks et isolateurs en porcelaine) peut varier considérablement, suivant que la pluie tombe avec plus ou moins d'abondance; j'ai de nouveau constaté le même fait et je vais citer une série d'observations qui le met bien en évidence.

semble que la valeur de cette résistance ne diminue plus ultérieurement. Pour constater ce fait d'une manière plus décisive, je conserve mon installation et continuerai mes observations l'année prochaine. »

24 octobre 1875.

Observations recueillies le 19 *août* 1876.

ISOLATEURS EN PORCELAINE.		ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE.	ISOLATEURS BROOKS.	
Heure de l'observation.	Déviation galvanométrique.		Heure de l'observation.	Déviation galvanométrique.
3^h,56	38°,0	Averse torrentielle, orage. . .	3^h,54	12°,0
3 ,59	34 ,0	» »	3 ,58	11 ,0
4 ,3	43 ,0	» »	4 ,1	17 ,0
4 ,8	49 ,0	L'averse redouble d'intensité. .	4 ,6	19 ,5
4 ,10	26 ,5	Elle se ralentit.	4 ,9	22 ,0
4 ,20	26 ,0	» »	4 ,12	22 ,0
4 ,22	23 ,0	La pluie a cessé, le soleil brille.	4 ,18	35 ,0
»	»	» »	4 ,21	37 ,0
»	»	» »	4 ,36	38 ,0
4^h,59	1°,0	» »	4 ,58	41 ,0
»	»	» »	5	38 ,0
»	»	» »	5 ,43	35 ,0
5^h,45	0°	» »	5 ,44	3 ,0

Les déviations qui appartiennent aux isolateurs en porcelaine croissent ou décroissent en même temps que l'intensité de la pluie, mais il n'en est pas de même des déviations obtenues avec les isolateurs Brooks. Dans la série que je viens de citer, ces dernières déviations ont continué à augmenter, alors que la pluie avait complétement cessé, et ce n'est qu'une demi-heure plus tard qu'elles ont atteint leur valeur maxima. Déjà l'année dernière j'avais observé le même fait, mais moins nettement, et je n'avais pas cru devoir le mentionner. Cette singulière marche des déviations, dans le cas des isolateurs Brooks, tient probablement à une influence de la température. Lorsque la pluie cesse de tomber, et surtout quand le soleil vient à briller en même temps, la température des isolateurs doit s'élever, et je suppose que la conductibilité de la paraffine augmente par suite de cette élévation de température.

25 septembre 1876.

ESSAIS

DE

COMMUNICATION DIRECTE ENTRE LONDRES ET MALTE

RELAIS BROWN ET ALLAN.

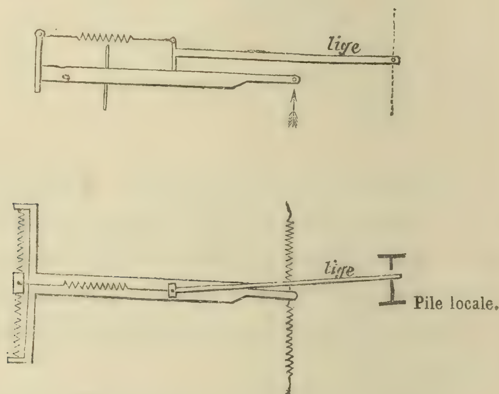
Quelques essais de communication directe ont été faits en 1875 dans les bureaux de l'*Eastern Telegraph Company* à Marseille sur le câble de Marseille-Bône-Malte, entre ce dernier bureau et celui de Londres.

L'appareil employé est le relais de MM. Brown et Allan, Américains.

Le relais Brown est un relais Siemens perfectionné par l'adjonction d'une tige de contact.

Le contact n'est pas donné directement par la palette qui est maintenue à l'état de repos par deux ressorts antagonistes opérant en sens contraire ; la palette, attirée d'un côté par l'effet du courant de charge, tend à revenir à sa position normale dès que le courant *cesse* ou *diminue;* mais, si les courants se succèdent rapidement, elle est de nouveau attirée avant d'y être complétement revenue ; *la charge et la décharge* sont donc indiquées par des mouvements *en avant ou en arrière* de la palette, laquelle reste d'autant plus écartée de sa position de repos que les courants se succèdent avec plus de force et de rapidité, imitant, par conséquent, les mouvements de l'aiguille d'un galvanomètre.

Le contact est donné par une tige indépendante, pivotée par une extrémité vers le premier tiers de la palette, oscillant par l'autre entre deux butoirs très-rapprochés. Un retit ressort à boudin, attaché d'un côté à un petit curseur fixé sur le prolongement de la palette, de l'autre à l'extrémité de la tige, au-dessus du pivot, sert à maintenir celle-ci.



Palette écartée de sa position normale.

La tige est entraînée par la palette dans son mouvement en avant, mais son jeu est limité par les butoirs; elle donne un contact avec la pile pour tout mouvement en avant; pour tout mouvement en arrière, elle vient se poser contre le butoir de repos.

Cela revient, en définitive, à avoir un zéro mobile, c'est-à-dire un point de repos toujours très-voisin du point de contact, quelle que soit la position de la palette.

En raison de cette disposition particulière, cet appareil est beaucoup plus rapide que le relais Siemens ordinaire, car il est sensible à la moindre diminution de courant; avec une pile de 10 ou 12 éléments Leclanché, la vitesse entre Marseille et Bône est de 15 ou 16 mots par minute;

je crois même que ce nombre pourrait être facilement dépassé.

Le travail sur les câbles nécessitant l'emploi des deux courants, une difficulté s'est présentée pour installer la translation; pour les essais, on s'est contenté de faire manœuvrer à la main un commutateur destiné à inverser les communications. Ce mode de procéder aurait évidemment dans la pratique de grands inconvénients; dans les essais, il ne faisait qu'obliger les expérimentateurs à une attention soutenue.

L'état de la ligne a quelquefois entravé les expériences; cependant elles ont donné de bons résultats dans plusieurs circonstances et un certain nombre de dépêches ont pu être échangées ainsi chaque jour.

Une translation, manœuvrée à la main, était établie à Bône, une autre à Marseille; il y avait en outre sur la ligne franco-anglaise les translations ordinaires de Paris et de Beachy-Head.

La moyenne de transmission n'a pas dépassé, en général, 9 ou 10 mots à la minute. La transmission était du reste généralement défectueuse, les employés étant peu habitués à ce genre de travail; de là des pertes de temps considérables pour les rectifications, ce qui ne permettait d'échanger qu'un nombre assez restreint de dépêches.

Les expériences ont prouvé en définitive que la transmission directe à travers une longue ligne terrestre reliée à un long câble sous-marin, à l'aide de plusieurs translations, est chose possible. Il est douteux cependant que ce mode de transmission présente un intérêt pratique bien réel.

Une translation même bien établie et fonctionnant automatiquement, nécessiterait toujours la présence d'un

employé au lieu de deux pour desservir les deux lignes. Il y aurait sans doute économie d'employés et une seule transmission; mais ces avantages sont bien contre-balancés.

Le travail est d'abord moins rapide et, d'un autre côté, la translation devra être forcément suspendue de temps en temps pour l'écoulement des dépêches locales; dans ce cas, le travail devra chômer sur la ligne terrestre ou, s'il continue, on ne pourra reprendre la translation qu'au moment où les postes intermédiaires seront à jour, ce qui équivaudra, la plupart du temps, à la suppression de la translation pendant la plus grande partie de la séance.

En admettant que les postes intermédiaires n'aient pas de travail local, la translation n'en sera pas moins encore désavantageuse, car le câble est un capital qui doit produire un certain nombre de dépêches par heure; il y a donc intérêt à élever le maximum du rendement. Ce maximum est obtenu actuellement par l'emploi de l'appareil à miroir ou du recorder Thomson. Au Morse, le câble sans translation ne peut guère rendre plus de 20 dépêches à l'heure, soit 480 dans les 24 heures; avec translation, il n'en rendra que 15 ou 380; mais la ligne terrestre est ordinairement interrompue pendant 4 ou 5 heures sur les 24, ce qui réduit le travail produit à 300 dépêches environ, tandis que la ligne terrestre seule pourra toujours produire une moyenne de 25 dépêches à l'heure, soit 600 dans les 24 heures, c'est-à-dire, même en défalquant les heures perdues, de quoi alimenter le câble.

Il semble donc qu'il y a avantage à faire du point d'atterrissement un centre de dépôt, plutôt que d'établir une communication directe entre deux longues lignes de nature aussi différente qu'un fil aérien et un câble sous-marin.

M. Brown se propose d'établir une translation à Malte entre Marseille et Alexandrie; les deux lignes se trouveront dans des conditions semblables; la communication pourra être établie d'une manière permanente, car Malte a peu de trafic local et peut d'ailleurs l'écouler par ses autres lignes. Si donc M. Brown parvient à faire marcher sa translation avec une vitesse à peu près égale à celle qu'il obtiendra sur chacun des câbles pris séparément, cette expérience pourra avoir, contrairement au cas précédent, des résultats pratiques importants.

Il fait fabriquer, à cet effet, des relais spéciaux; la suspension sera plus légère et les parties mobiles plus sensibles; mais il est douteux qu'on puisse atteindre ainsi les vitesses obtenues au miroir ou au recorder avec des piles inférieures à celles nécessaires pour la translation.

Marseille.

GRAMMACCINI,
Chef de station des lignes télégraphiques.

DE LA

DÉTERMINATION DE LA PROFONDEUR DE LA MER

AU MOYEN DU BATHOMÈTRE

ET SANS L'EMPLOI DE LA LIGNE DE SONDE.

PAR M. C. W. SIEMENS.

(*Comptes rendus* du 23 octobre 1876) (*).

Le bathomètre de M. C. William Siemens est basé sur ces deux faits : que l'attraction totale de la terre, mesurée à sa surface, est la somme des attractions individuelles, exercées par toutes ses parties, et que l'attraction de chacune de ses parties varie en proportion directe de sa densité et en proportion inverse du carré de sa distance au lieu considéré.

La densité de l'eau de la mer étant environ 1,026, tandis que la densité moyenne des roches qui constituent l'écorce terrestre est environ 2,763, la profondeur de la mer, au-dessous d'un point considéré à sa surface, doit exercer une influence sensible sur l'attraction totale.

Si, négligeant la force centrifuge, on suppose la terre parfaitement sphérique et de densité uniforme, l'attraction totale A_1 d'une tranche mince perpendiculaire au rayon aboutissant au point considéré, et située à une

(*) Voir *Annales*, même tome, page 376.

distance h de ce point, sera représentée par l'expression

$$ddA_1 = 2\pi dh \sin a da.$$

En intégrant cette expression entre les limites h et zéro, a et zéro, on a

$$A_1 = 2\pi h \left(1 - \frac{2}{3}\sqrt{\frac{h}{2R}}\right), \qquad (1)$$

et, pour de petites valeurs de h, négligeant le facteur $\sqrt{\frac{h}{2R}}$, on a

$$A_1 = 2\pi h$$

pour l'expression de la force totale d'attraction exercée par la portion supérieure du globe jusqu'à la profondeur h.

En faisant $h = 2R$, dans la formule (1), on obtient $A = \frac{4}{3}\pi R$ pour l'expression de l'attraction totale de la terre ; on a donc

$$\frac{A_1}{A} = \frac{2\pi h}{\frac{4}{3}\pi R} = \frac{h}{\frac{2}{3}R}.$$

Mais, prenant en considération la densité de l'eau de mer, on trouve que l'attraction, à la surface de la mer, pour une profondeur d'eau indiquée par h', diminue dans la proportion de

$$\frac{2\pi h'(2,763 - 1,026)}{\frac{4}{3}\pi R \times 2,763} = \frac{h'}{\frac{614}{579}R} = \frac{h'}{1,06\,R}$$

ou à peu près dans le rapport de la profondeur au rayon terrestre. Ce rapport n'est pas tout à fait correct, parce que la densité de l'écorce terrestre n'est pas la même que la densité moyenne de la terre ; aussi est-il plus exact

de graduer empiriquement le bathomètre en comparant ses indications à celles d'une ligne de sonde.

L'appareil construit par M. William Siemens, pour apprécier ces variations dans l'attraction, et qu'il a déjà perfectionné plusieurs fois, consiste actuellement et essentiellement en un tube d'acier évasé en forme de coupe à ses deux extrémités, et suspendu dans une position parfaitement verticale. Ce tube est rempli de mercure. La coupe inférieure est fermée par un diaphragme en tôle mince d'acier, semblable à celle dont on se sert dans la construction des baromètres anéroïdes, et le poids de la colonne de mercure est exactement compensé au centre du diaphragme par la force élastique de quatre ressorts d'acier en spirale, bien trempés, de même longueur que la colonne de mercure. La coupe supérieure est fermée par un couvercle percé d'un trou qui fait communiquer l'intérieur du tube d'acier avec un tube de verre, d'environ 2 millim. de diamètre intérieur, enroulé en une spirale horizontale un peu au-dessus du couvercle et présentant une échelle dont les divisions indiquent des brasses ou des mètres. L'extrémité supérieure du tube d'acier est munie d'un bouchon percé d'un trou de $0^{m/m},2$ seulement de diamètre, par lequel l'intérieur du tube communique avec la coupe supérieure de façon à limiter autant que possible les oscillations de la colonne de mercure, dues aux mouvements du bateau. Sur la surface du mercure il y a une certaine quantité d'eau qui pénètre dans le tube spiral en verre et qui, lorsque l'instrument est à terre, au niveau de la mer, affleure en un point marqué zéro.

Lorsque l'appareil se trouve au-dessus d'une certaine profondeur d'eau, la pression du mercure sur le diaphragme diminuant, les ressorts d'acier forcent l'eau qui

surnage sur le mercure à pénétrer plus avant dans le tube de verre, et le rapport de la surface des coupes terminales à la section du tube spiral en verre est tel, qu'à une élévation de 1/2 millimètre de la surface supérieure du mercure correspond un avancement de l'eau dans ce tube de 1,000 millimètres.

Une des particularités de l'instrument est qu'il est parathermal; le rapport des sections du tube d'acier et de ses coupes terminales étant tel, que la diminution de la force élastique des ressorts, par suite d'une élévation de température, est compensée par une diminution correspondante de l'énergie de la colonne de mercure.

Les variations de la pression atmosphérique sont sans effet sur l'instrument, et celles de la densité de l'atmosphère n'en auraient qu'en ce qu'elles affecteraient le poids relatif de la colonne de mercure, ce qui exigerait une légère correction; M. Siemens, pour l'éviter, soustrait l'instrument aux influences atmosphériques en l'enfermant dans une caisse hermétique, fermée par une glace supérieure, et rendue pratiquement insensible aux variations de température par une double enveloppe isolante.

La seule correction qui soit nécessaire est relative à la latitude; mais l'influence de cette cause paraît être beaucoup moins sensible sur mer que sur terre.

Un instrument construit sur ces principes a été essayé à bord du *Faraday*, dans ses voyages transatlantiques, nécessités par l'immersion d'un câble télégraphique sous-marin ; ses indications ont concordé d'une façon remarquable avec celles d'une ligne de sonde en acier de Sir William Thomson, en ayant égard à ce que la sonde donne la profondeur immédiatement au-dessous du bateau, tandis que le bathomètre donne la profondeur moyenne d'une certaine surface dont l'étendue est fonc-

tion de la profondeur elle-même. L'instrument a été fort utile pour retrouver l'extrémité du câble que l'on avait été obligé de couper pour fuir devant une tempête, et que la tempête elle-même avait fait perdre.

Cet instrument peut également servir à mesurer des altitudes au-dessus du niveau de la mer, et il possède, dans ce cas, cet avantage sur le baromètre que ses indications ne sont pas affectées par les variations de la pression atmosphérique. Un calcul simple démontre que l'attraction totale de la terre à une hauteur h varie dans le rapport $h : \frac{1}{2} R$, de sorte que, si les divisions de l'échelle du bathomètre représentent des mètres lorsqu'il s'agit d'apprécier des profondeurs d'eau, elles ne représenteraient plus que des demi-mètres si l'on s'en servait pour apprécier des altitudes. Il faudrait, de plus, dans ce cas, outre la correction pour la latitude, en faire une pour l'attraction locale des masses dominant le point considéré, laquelle varierait suivant l'étendue de ces masses, de sorte que l'on devrait se fier moins aux indications de l'instrument, dans ce cas, que lorsqu'il s'agit d'apprécier la profondeur de la mer.

EXPOSÉ

DES

PHÉNOMÈNES FONDAMENTAUX

DE L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE.

QUANTITÉ ÉLECTRIQUE. — INTRODUCTION A L'ÉTUDE DU POTENTIEL ÉLECTRIQUE.

Les phénomènes fondamentaux de l'électrostatique peuvent se diviser en quatre classes :

I. Phénomènes d'électrisation directe;
II. Phénomènes d'électrisation par induction;
III. Phénomènes d'électrisation par conduction;
IV. Phénomènes composés d'induction et de conduction.

I. *Électrisation directe.* — Certains corps frottés attirent les corps légers situés dans leur voisinage. On reconnaît cet effet d'attraction en présentant le corps à un pendule électrique (balle de sureau ou feuille d'or suspendue par un fil de soie).

1° *Distinction de deux espèces d'électricités.* — Prenons un disque de verre et un gâteau de résine, tous les deux

(*) Voir le *Traité d'électricité et de magnétisme*, de M. Clerk Maxwell, et le travail de M. Cornu, sur les mesures électrostatiques, dans le *Journal de physique* (t. I, 1872).

insensibles au pendule. Frottons-les l'un contre l'autre, et laissons en contact les surfaces frottées, les deux corps continuent à ne manifester aucune attraction particulière. Séparons-les, chacun d'eux attire un pendule avec la même force : si l'attraction est suffisante pour que la balle touche le disque, la balle est immédiatement repoussée.

Suspendons les deux disques dans le voisinage l'un de l'autre, à l'aide de fils de soie : ils s'attirent mutuellement.

Frottons de même l'un contre l'autre un second disque de verre et un second gâteau de résine, séparons-les et suspendons-les dans le voisinage des premiers, on observe :

1° Que les deux verres se repoussent mutuellement ;

2° Que chaque verre attire la résine ;

3° Que les deux résines se repoussent mutuellement.

Ces phénomènes d'attraction ou de répulsion sont des phénomènes *électriques;* les corps qui les manifestent sont dits *électrisés* ou chargés *d'électricité.*

Il existe bien des manières d'électriser les corps autrement que par le frottement.

Dans un vase en verre, mettons un liquide (eau acidulée) et deux métaux : l'un, le zinc, attaqué par le liquide ; l'autre, le cuivre, moins attaqué ; c'est un élément de pile. Mettons plusieurs éléments en série, c'est-à-dire en joignant le zinc de l'un au cuivre de l'autre. Réunissons par un fil métallique le dernier zinc à une feuille d'or suspendue par un fil de *lin* ou un fil de platine très-fin, et le dernier cuivre à une feuille d'or semblable : les deux feuilles s'attirent et se comportent l'une comme la résine, l'autre comme le verre frottés.

Examinons l'effet des disques électrisés de verre et de

résine sur ces feuilles d'or ainsi électrisées. On trouve que les propriétés électriques des deux disques de verre sont semblables entre elles, mais opposées à celles des gâteaux de résine; le verre attire ce que la résine repousse et repousse ce qu'elle attire. D'où deux modes différents d'électrisation par le frottement, et les noms d'électricité *vitrée* et *résineuse.*

Quel que soit le moyen employé pour électriser un corps, tout corps électrisé qui agit comme le verre, c'est-à-dire qui repousse le verre et attire la résine, est dit électrisé *vitreusement;* et s'il attire le verre et repousse la résine, il est dit électrisé *résineusement.* Tous les corps électrisés possèdent l'une ou l'autre de ces électricités.

La quantité d'électricité que possède un corps s'apprécie par la grandeur de l'effet mécanique d'attraction ou de répulsion : sa mesure dépend donc de la mesure d'une force.

2° *Production simultanée et en quantités équivalentes des deux électricités.* — Ces deux états électriques se produisent simultanément soit quand on frotte deux corps quelconques l'un contre l'autre, soit dans la pile.

Ainsi les deux disques de verre et de résine frottés l'un contre l'autre, séparés, puis réunis, n'exercent aucun effet sur le pendule. Les deux lames d'or placées aux pôles opposés d'une pile, réunies ensemble, n'exercent aucun effet sur une troisième lame d'or non électrisée. Les deux électricités développées simultanément annulent donc leurs effets : elles se neutralisent.

L'algèbre convenant d'affecter de signes différents deux quantités formant une somme nulle, on a appelé *positive* l'électricité vitrée, et *négative* l'électricité résineuse.

Appareils destinés à reconnaître l'électricité d'un corps. — Ce sont les électroscopes.

Pour reconnaître si un corps est électrisé, il suffit de voir s'il attire un corps léger : pendule simple, double, etc.

C'est le principe des électroscopes à balles de sureau, pailles et lames d'or.

Un électroscope très-sensible sera une feuille d'or suspendue entre deux corps électrisés l'un positivement, l'autre négativement. Si la feuille d'or devient électrisée, elle inclinera du côté du corps dont l'électrisation est opposée à la sienne. En augmentant l'électrisation des deux corps et la sensibilité de la suspension, on pourra reconnaître ainsi des traces très-faibles d'électrisation.

Pour reconnaître l'électricité d'un corps, il suffit de voir s'il attire ou repousse un corps électrisé dont le signe est connu : comme l'attraction se produit toujours entre deux corps dont un seul est électrisé *directement*, il vaut mieux chercher quelle est l'espèce d'électricité qu'il repousse.

Nous disons *directement*, car aucune force ni attractive ni répulsive ne s'exerce entre un corps électrisé et un corps non électrisé; quand on observe un fait de ce genre, c'est que ce dernier est devenu électrisé par *induction*.

Remarque.—Pour expliquer ces phénomènes, on a supposé l'existence dans tous les corps de quantités égales et inépuisables de deux fluides impondérables qui jouissent, quand ils sont séparés, des propriétés d'attraction et de répulsion que nous avons signalées, mais qui s'annulent réciproquement à l'état ordinaire. Quand on frotte deux corps, les deux fluides se séparent; le fluide positif passe sur l'un et le fluide négatif sur l'autre, ils sont à

l'état libre; si l'on réunit les deux corps après le contact, ils se recombinent et leur ensemble reproduit de l'électricité neutre. L'électricité a été assimilée à un fluide à cause de sa mobilité. Mais qu'est-ce qu'un fluide qui n'a pas de poids? Comment peut-il produire des effets mécaniques? Comment deux substances peuvent-elles s'annuler et se combiner dans un même corps, sans modifier en rien ses propriétés?

Sans entrer dans la discussion des hypothèses faites sur le fluide électrique, nous emploierons cependant le langage de la théorie des deux fluides, mais en nous attachant seulement aux faits sans préjuger les causes. C'est un langage commode pour l'exposition, il correspond à un phénomène réel : la présence de deux électrisations contraires et leur neutralisation quand elles sont en quantités égales sur le même corps ; il permet même de prévoir les phénomènes, et c'est un moyen en quelque sorte mnémotechnique de les retenir.

De cette assimilation du fluide électrique aux fluides pondérables, viennent les mots d'électricité statique, dynamique, de courant, de tension, etc.

L'assimilation n'est plus admise, mais le langage est resté; en l'employant, il faut bien se garder de donner à ces mots leur signification première et habituelle.

II. *Électrisation par induction ou influence.* — 1° Suspendons un vase métallique creux par des fils de soie blanche; attachons un fil semblable au couvercle du vase, de manière à pouvoir ouvrir et fermer le vase sans le toucher. Frottons ensemble un disque de verre et un gâteau de résine, et suspendons-les de la même manière. Le vase est d'abord dépourvu de toute électricité; mis en communication avec un électroscope à deux lames d'or, celles-ci ne bougent pas. Suspendons dans l'intérieur du vase, et

sans toucher ses parois, le verre électrisé, et fermons le vase. Les feuilles d'or s'écartent, montrant que l'extérieur du vase est électrisé positivement comme le verre, et l'écartement des feuilles reste le même, *quelle que soit la position que le verre suspendu occupe dans l'intérieur du vase.* Si l'on retire le verre sans toucher le vase, on trouve que l'électrisation du verre n'a pas changé et que celle du vase a disparu. L'électrisation du vase, qui est subordonnée à la présence du verre dans son intérieur, et qui disparaît quand on éloigne le verre, s'appelle électrisation par induction.

2° Suspendons le verre à l'extérieur du vase et dans son voisinage, on trouve de l'électricité négative sur la partie du vase voisine du verre, de l'électricité positive sur la partie éloignée ; ces deux parties sont séparées par une ligne neutre, qui n'est pas symétriquement placée dans le vase, mais qui se rapproche de la partie de la surface voisine du corps extérieur. Ces quantités d'électricité de signes contraires sont égales, car elles se neutralisent dès qu'on éloigne le verre.

Quand le verre est suspendu à l'intérieur du vase, la totalité de la surface extérieure du vase est électrisée positivement et la totalité de la surface intérieure l'est négativement, puisque dès qu'on retire le verre toute trace d'électrisation disparaît.

On pourra donc reconnaître qu'un corps est électrisé en l'enfermant dans un vase creux, et examinant s'il se produit de l'électrisation à la surface de ce dernier.

3° Si dans le vase creux contenant le verre électrisé on introduit la résine électrisée par son frottement avec le verre, on ne trouve plus d'électrisation à la surface extérieure du vase. Donc l'électrisation de la résine est exactement égale et opposée à celle du verre ; et les

quantités d'électricité induites par des corps électrisés également et en sens contraires sont égales et de sens contraires.

Il en est de même si l'on introduit dans un vase creux les deux lames d'or en communication avec les électrodes d'une pile ou un système entier électrisé d'une manière quelconque : l'électrisation totale est invariablement nulle. Aucune quantité d'électricité positive ne peut se produire sans qu'il se produise simultanément une quantité égale de fluide contraire.

4° En plaçant ainsi dans le vase un certain nombre de corps électrisés de manières diverses, l'électrisation possédée par l'extérieur du vase sera la somme algébrique de toutes les électrisations induites, en affectant du signe moins les électrisations négatives. On peut ainsi pratiquement ajouter les effets électriques de plusieurs corps sans altérer l'électrisation de chacun d'eux.

Il en résulte que tout changement dans l'électrisation d'un corps placé à l'intérieur d'un vase métallique creux se traduira par un changement d'électrisation à la surface extérieure de ce vase.

Les expériences ainsi faites ont l'avantage de ne pas altérer l'électrisation du corps que l'on considère.

III. *Électrisation par conduction.* — 1° Électrisons un vase métallique par induction, comme précédemment; suspendons près de lui par un fil de soie un second corps métallique ; ayons un fil métallique également suspendu par des fils de soie, puis tenant le fil métallique avec ces fils de soie, faisons-lui toucher simultanément les deux corps. Enfin enlevons la communication.

On trouve que le second corps est électrisé positivement, et que l'électrisation positive du vase a diminué.

L'état électrique s'est donc communiqué du vase au

second corps par l'intermédiaire du fil; le fil est dit *conducteur* de l'électricité, et le second corps est dit électrisé par conduction.

2° *L'électrisation totale est la même*, car si les deux corps sont renfermés dans un même vase creux avant et après la communication, on n'observe aucun changement dans l'électrisation à la surface de celui-ci : donc le second corps a gagné autant d'électrisation positive ou perdu autant d'électrisation négative que le premier corps a perdu d'électrisation positive ou gagné d'électrisation négative; et, en effet, la communication étant supprimée, retirons le verre électrisé et éloignons-le du vase où il était tout d'abord enfermé; puisque le vase a perdu de l'électrisation positive, quand les deux fluides se réuniront il y aura du fluide négatif en excès : donc, après avoir supprimé la communication et retiré le verre électrisé, le second corps reste bien électrisé positivement, mais le vase devient maintenant électrisé négativement; rétablissons la communication métallique entre les deux, toute électrisation disparaît dans les deux corps : donc leur électrisation était égale et opposée.

3° Si au lieu d'un fil métallique on eut employé une tige de verre, un fil de soie ou de gutta-percha, il n'y aurait pas eu transport d'électricité; d'où le nom de *non-conducteurs* donné à ces substances. On les emploie pour supporter les corps électrisés, sans laisser écouler leur électricité; d'où le nom d'*isolants*. Les métaux sont bons conducteurs; l'air, le verre, la résine, la gutta-percha, l'ébonite, la paraffine, etc., sont de bons isolants; mais toutes les substances laissent plus ou moins passer l'électricité et résistent plus ou moins à son passage.

La résistance est faible avec les métaux, bien que variable avec leur nature; la résistance du cuivre et de

l'argent étant 1, celle du fer est 6, celle du plomb 12 et celle du mercure 60.

La résistance des métaux croît avec la température; les liquides conduisent moins bien que les métaux; les corps humides isolent mal.

Les gaz à la pression atmosphérique isolent bien, sauf cependant l'hydrogène, mais c'est un métal.

L'air, même humide, isole bien, et la perte graduelle de charge dans les corps électrisés doit être attribuée à l'isolement imparfait des supports, soit que l'électricité traverse leur masse, soit qu'elle s'écoule par l'humidité de leur surface. On explique ainsi que deux corps électrisés suspendus dans le voisinage l'un de l'autre conservent leur électricité moins longtemps s'ils sont électrisés dans le même sens que s'ils sont électrisés en sens contraires, malgré la tendance de ces derniers à se rapprocher ; c'est que la perte se fait par les supports et non par l'air; or les électricités de mêmes noms tendent à se repousser dans les supports qui les laissent échapper, tandis que celles de noms contraires s'attirant, s'éloignent des supports et sont maintenues dans les corps par l'isolement absolu de l'air.

Le verre électrisé introduit dans un vase métallique, dont il est séparé par de l'air qui est un milieu non-conducteur, produit une électrisation à la surface de ce vase; un milieu pareil, transmettant des effets électriques sans conduction, est appelé un *diélectrique*, et l'action produite par son intermédiaire est appelée *induction*.

4° La terre est conductrice : un corps mis en communication avec la terre perd toute son électricité; l'électricité se répand dans la masse de la terre sans produire d'effet sensible; d'où le nom de réservoir commun.

Décharger un corps, c'est le mettre en communication

avec la terre : pour un corps conducteur, il suffit de toucher un de ses points ; pour un corps isolant, il faut toucher tous ses points successivement ; d'où la nécessité d'isoler les corps que l'on frotte pour obtenir des effets électriques.

IV. *Phénomènes composés d'électrisation par induction et par conduction.* — 1° Dans un vase métallique A, plaçons le verre électrisé ; dans un second vase B, la résine ; mettons les deux vases en communication par un fil métallique, puis enlevons le fil et retirons le verre et la résine sans toucher les parois des vases : on trouve que A est électrisé négativement et B positivement.

De plus l'électrisation de chaque vase est exactement égale et opposée à celle du corps intérieur, car si l'on introduit simultanément le verre électrisé et le vase A dans un vase isolé plus grand C, on ne trouve aucune électrisation sur la surface extérieure de ce dernier vase.

Ou encore dans le vase A mettons le verre électrisé, puis touchons la surface de A avec le doigt et mettons-la en communication avec la terre, l'électrisation positive du vase disparaît et il reste seulement de l'électrisation négative maintenue à la surface intérieure du vase. Éloignons le verre, l'électrisation négative devient visible à la surface. Cette électrisation négative est égale à l'électrisation positive du verre, car en plaçant le verre et le vase dans un vase isolé plus grand, on ne trouve aucune électrisation à la surface de ce vase.

Deux conséquences : 1° *Tout corps électrisé placé dans une enceinte conductrice fermée induit sur les parois de l'enceinte une quantité totale d'électricité opposée à celle du corps inducteur.*

Plus généralement, si divers corps électrisés sont placés dans une même enceinte conductrice, la somme algé-

brique des quantités d'électricité répandues sur les corps et sur la surface interne de l'enceinte est nulle. L'électricité répandue sur ces corps peut appartenir à des corps mauvais conducteurs électrisés directement ou à des corps bons conducteurs séparés des précédents et de l'enceinte par un milieu isolant et électrisés par induction. Toute salle est une enceinte fermée en communication avec la terre. Quand un corps électrisé est placé dans le voisinage d'un conducteur en communication avec la terre, il induit sur ce conducteur une quantité d'électricité opposée plus petite que la sienne, car il faut ajouter celle qu'il induit sur les parois de la salle, pour avoir une quantité égale et contraire à celle que possède le corps électrisé.

L'induction exercée par un corps électrisé sur l'enceinte qui l'environne mise en communication avec la terre est le principe de la théorie du condensateur.

Le verre électrisé étant dans l'intérieur du vase creux isolé, il y a sur chaque surface du vase deux électrisations contraires, par suite une quantité totale d'électricité nulle; mais les deux électrisations sont séparées, et l'électrisation positive de la surface extérieure agit sur l'électroscope. Après la mise en communication avec la terre, il ne reste plus que de l'électrisation négative, mais elle est *dissimulée* par la présence du verre électrisé, donc pas d'effet sur un électroscope; en éloignant le verre, elle devient *libre* et agit alors sur l'électroscope.

2° *On a le moyen de charger un vase d'une quantité d'électricité exactement égale et opposée à celle d'un corps électrisé, sans altérer l'électrisation de ce dernier*, et l'on pourra charger ainsi un vase de quantités parfaitement égales d'électricités de l'une ou l'autre espèce, quantités que nous prendrons provisoirement pour unités.

Cette électrisation nouvelle est l'équivalent du travail mécanique dépensé en éloignant le verre chargé positivement du vase chargé négativement à une distance telle qu'il n'y ait plus d'action mutuelle, car il a fallu vaincre l'attraction qui s'exerce entre les deux électrisations.

2° Prenons le vase B chargé d'une unité d'électricité positive, et introduisons-le dans un vase isolé plus grand C, sans les faire toucher. Une électrisation positive se manifestera à l'extérieur de C ; mettons B en contact avec l'intérieur de C, il n'y aura aucun changement dans l'électricité extérieure de C Éloignons B suffisamment, on trouve qu'il est complétement déchargé : sa charge s'est transportée sur C.

Deux conséquences : 1° *L'électricité se porte à la surface des corps.* — Si le corps B ainsi déchargé est de nouveau introduit dans l'intérieur du vase, mis en contact avec lui, et retiré, on ne peut lui découvrir aucune trace d'électricité avec l'électroscope le plus sensible (lame d'or entre deux corps chargés de quantités considérables d'électricités égales et contraires), et celà quelle que soit la charge du vase.

Donc l'électricité est tout entière à la surface du corps. Expériences diverses : Chambre de Faraday (chambre en bois recouverte de lamelles de plomb). On peut la reproduire avec une cage d'oiseau métallique en communication avec une machine électrique ; dans la cage, on met un électroscope, des morceaux de clinquant, barbes de plumes, balles de sureau, oiseau dans la cage, rien ne bouge tandis qu'on tire de fortes étincelles de la cage, l'oiseau est insensible. On suspend en dedans de la cage un faisceau de fil de lin, et au-dessous un autre semblable ; le faisceau intérieur reste uni, les brins du faisceau extérieur divergent, et, en approchant la main, on entend le

bruissement électrique. Enfin, si l'on colle des bandes de papier le long des parois, les bandes extérieures s'écartent fortement, les intérieures restent verticales.

Il ne s'agit ici que de l'électricité au repos : car l'électricité en mouvement passe plus facilement d'un conducteur à un autre à travers une tige pleine qu'à travers une tige creuse.

2° *On peut accumuler sur un vase un nombre donné d'unités d'électricité.* — Chargeons de nouveau B avec une unité d'électricité, introduisons-le dans le vase C déjà chargé, et éloignons-le, on trouve que B est déchargé et que la charge de C est doublée ; en continuant de même, on ajoute à chaque fois une unité d'électricité sur C, quelle que soit la charge antérieure de C.

Chaque unité d'électricité a trouvé son équivalent dans le travail dépensé à chaque fois pour vaincre l'attraction des électricités contraires quand on retire le verre du vase B électrisé négativement, et qu'on l'éloigne à distance pour rendre libre l'électricité de B : c'est donc une transformation de travail mécanique en électricité.

Conclusion.

1. *L'électrisation d'un corps est une quantité susceptible de mesure.* — En effet : 1° L'électrisation d'un corps reste invariable, à moins qu'il ne reçoive de l'électricité d'autres corps ou qu'il ne leur en cède. Sauf ce cas, tout changement dans l'électrisation tient à l'imperfection de l'isolement, car la perte diminue à mesure que l'isolement s'améliore ; dans un milieu isolant, l'électrisation ne changerait pas. Si un corps cède de l'électricité à un autre par conduction, l'un perd ce que l'autre gagne, et la quantité totale reste invariable. Enfin, des électrisations

différentes peuvent s'ajouter les unes aux autres, et l'électrisation totale est égale à la somme algébrique des électrisations partielles.

Une certaine quantité d'électricité est donc une grandeur *bien définie.*

2° On peut produire et accumuler sans altération des quantités rigoureusement égales d'électricité sur un même conducteur, et par suite former des multiples de l'unité choisie (c'est le principe des accumulateurs d'électricité statique ou multiplicateurs d'induction).

II. *Les forces électriques varient en raison inverse du carré de la distance.* — Du moment où ces forces varient avec la distance, et du moment où il est expérimentalement prouvé que l'électrisation réside tout entière à la surface des corps, on en déduit analytiquement la loi de l'inverse carré des distances. Cette démonstration est bien plus rigoureuse que la vérification de Coulomb, à cause de la sensibilité des moyens que l'on a pour vérifier qu'un corps ne renferme pas de trace d'électrisation.

Détermination expérimentale de la loi de la force électrique. — On sait charger deux corps creux d'un certain nombre d'unités d'électricité : comment mesurer la force qui s'exerce entre eux ? Deux méthodes expérimentales :

1° *Balance de Harris.* — Suspendre l'un des corps à un des bras d'une balance et l'équilibrer par des poids, placer l'autre corps à une distance connue au-dessous du premier, de manière que l'attraction ou la répulsion exercée augmente ou diminue le poids apparent du premier. La force sera mesurée par le poids à ajouter ou à retrancher à l'autre bras pour rétablir l'équilibre. La force sera ainsi mesurée en unités absolues. C'est le principe de l'électromètre absolu de Thomson.

2° *Balance de Coulomb.* — On a deux boules conduc-

trices égales en diamètre, l'une fixe, l'autre mobile et attachée à l'extrémité d'une aiguille isolante suspendue par un fil métallique très-fin : ces deux boules se partagent par moitié la quantité d'électricité communiquée à la boule fixe. La boule mobile étant repoussée par la boule fixe, le fil éprouve une torsion qui tend à ramener l'aiguille à sa position primitive. On équilibre la force de répulsion par celle de torsion, et comme celle-ci est proportionnelle à l'angle de torsion, on comparera les forces électriques en comparant les angles dont il faudra tordre le fil pour les équilibrer. De plus, la torsion du fil pouvant se mesurer en *unités absolues*, c'est-à-dire en fonction des unités de longueur, de temps et de masse, il en sera de même de la force répulsive.

Difficultés de la vérification. — Mais si nous mettons directement deux corps électrisés en présence, ils s'influenceront mutuellement ; il faudra donc agir sur des corps assez petits par rapport à leur distance mutuelle, pour pouvoir négliger la perturbation apportée dans leur distribution électrique. De plus, les deux corps considérés devront être suspendus dans l'air à une grande distance des autres corps, pour éviter les effets d'induction.

Un vase métallique creux a toujours des dimensions assez grandes ; il nous faut donc employer des corps assez petits pour qu'on puisse les supposer réduits à leur centre de figure. Si nous électrisons ces petits corps par leur contact avec le vase creux, quelle est la quantité d'électricité que ces corps prendront ? Il faudrait connaître la loi de partage de l'électricité entre deux conducteurs, et nous l'ignorons. Pour tourner cette difficulté, Coulomb prend deux petites sphères conductrices identiques, communique à l'une une certaine charge, et admet que si on la met en contact avec l'autre la quantité d'électricité se

divise en parties égales entre les deux, en vertu de la symétrie.

Lois de la force électrique. 1° *Loi des quantités.* — Les corps étant placés à une distance connue et chargés respectivement de m et m' unités provisoires, ils se repoussent avec une force proportionnelle au produit mm'.

Si m et m' sont tous deux du même signe, la force est répulsive ; s'ils sont de signes contraires, la force est attractive. Si F est la force avec laquelle l'unité d'électricité agit sur l'unité d'électricité, l'action de m sur m' sera $\mathrm{F}mm'$; si l'on affecte l'action répulsive du signe —, on écrira $-\mathrm{F}mm'$, et alors la force sera répulsive si m et m' sont de mêmes signes, et attractive s'ils sont de signes contraires.

2° *Loi des distances.* — On mesure la force entre deux corps chargés d'une manière constante, et l'on fait varier la distance : si f est la force entre deux unités d'électricité à l'unité de distance, à la distance r cette force sera $\frac{f}{r^2}$, et, entre m et m', $\frac{-fmm'}{r^2} = \mathrm{F}$.

Coulomb a démontré ainsi que les attractions et répulsions électriques varient suivant les lois de la gravitation universelle, dont la pesanteur, ou attraction des corps à la surface de la terre, est un cas particulier :

Les attractions et répulsions électriques sont proportionnelles au produit des masses électriques en présence et en raison inverse du carré de la distance.

Cette loi admise, on en déduit analytiquement que l'électricité doit se porter à la surface des corps, et que l'action exercée par un corps électrisé sur un point intérieur doit être nulle. C'est la condition d'équilibre électrique ; si elle n'était pas remplie, les deux fluides réunis en ce point se sépareraient.

Mais on a vu que réciproquement, de ce que l'électricité se porte à la surface, on conclut la loi de l'inverse carré. Cette dernière méthode est plus rigoureuse, l'expérience qui lui sert de base étant susceptible de plus de précision que la mesure par la balance.

En partant de la loi de la force électrique, on peut traiter *mathématiquement* la question de la distribution de l'électricité ; par les procédés de mesure de Coulomb, on peut résoudre la même question *expérimentalement*.

Voyons jusqu'où nous conduit la *méthode expérimentale*.

Étude expérimentale de la distribution de l'électricité à la surface des conducteurs. — 1° Nous voulons étudier comment l'électricité se distribue à la surface d'un conducteur donné, c'est-à-dire déterminer la quantité ou charge électrique qui se trouve en chaque point de la surface, par exemple sur chaque centimètre carré. — Emploi du plan d'épreuve et de la balance de Coulomb. Le plan d'épreuve se confond avec la surface au point où il la touche : la quantité enlevée est assez petite pour ne pas altérer sensiblement la charge qui reste sur le corps. On mesure la quantité en chaque point par la répulsion que le plan d'épreuve imprime à la balance. Sur une sphère électrisée, la charge en chaque point est la même ; il n'en est pas de même sur un ellipsoïde. Coulomb exprime ce fait en disant que la densité électrique (quotient de la quantité d'électricité par la surface sur laquelle elle est répartie) est variable. Poisson suppose que l'électricité forme une couche de densité constante, mais d'épaisseur variable. Sur un ellipsoïde, elle est comprise entre l'ellipsoïde et l'ellipsoïde très-voisin semblable. L'épaisseur est alors mesurée par la perpendiculaire abaissée du centre sur le plan tangent ; elle est donc

plus grande à l'extrémité du grand axe qu'à celle du petit axe. Les molécules intérieures d'un corps électrisé n'éprouvent aucune action de la surface. L'électricité repoussée en quelque sorte contre la surface y est maintenue par la pression de l'air ou son pouvoir isolant ; elle exerce contre la surface une pression ou *tension* du dedans au dehors, qui diminue d'autant la pression de l'air.

D'où le pouvoir des pointes, et l'explication du moulinet électrique.

2° *Mouvement des corps électrisés.* — Si les corps sont isolants, les fluides entraînent les particules pondérables dont ils ne peuvent se séparer.

Si les corps sont bons conducteurs, le fluide se porte à la surface où il est maintenu par l'air et les supports isolants. Il y exerce une pression de dedans en dehors, à laquelle résiste la pression atmosphérique. Supposons les deux corps électrisés positivement, l'électricité en s'accumulant aux extrémités opposées diminue la pression de l'air extérieurement aux balles, d'où répulsion. S'ils sont électrisés en sens contraire, la pression de l'air est diminuée intérieurement, d'où attraction. Ou bien l'électricité confinée dans les parties voisines ou extrêmes des deux corps ne peut plus se mouvoir qu'en entraînant ceux-ci. Quand les deux corps sont chargés d'électricités contraires et qu'ils s'attirent, il arrive un moment où la résistance opposée par l'air est plus petite que la tendance des électricités à se recombiner ; elles s'échappent brusquement et se réunissent avant le contact, d'où *l'étincelle.*

Enfin ces mouvements peuvent encore s'expliquer en se rappelant que tout corps électrisé induit sur les conducteurs environnants et l'enceinte une quantité d'électricité égale et contraire à la sienne ; la répulsion de deux corps électrisés ne serait alors qu'une apparence et tiendrait à

ce que chacun d'eux est attiré dans des directions opposées par les conducteurs environnants et l'enceinte chez lesquels l'induction détermine un état électrique contraire au sien.

3° *Partage de l'électricité entre les deux sphères au contact.* — Coulomb a étudié expérimentalement la loi de partage entre deux sphères de rayon différent mises au contact. Si l'on a une sphère de $0^{m},40$ de diamètre chargée de 1.000 unités d'électricité, et qu'on la touche avec une petite sphère de $0^{m},01$ de rayon, la petite sphère conserve après le contact une unité d'électricité.

Insuffisance de ces notions. — Ces notions sont insuffisantes pour rendre compte d'un grand nombre de phénomènes. Ainsi :

1° Prenons la grande sphère chargée de 1.000 unités, et mettons-la en communication avec la petite sphère par l'intermédiaire d'un fil conducteur assez long pour éviter toute influence des deux corps. La petite sphère prend une charge tout à fait différente de celle qu'elle avait reçue par le contact : 25 unités au lieu de 1 unité.

Le passage de l'électricité de la grande boule à la petite boule dépend donc de la distance, puisque la quantité d'électricité de la grande boule est la même dans les deux cas.

2° Le plan d'épreuve appliqué aux divers points d'un ellipsoïde constate des densités variables aux différents points. Mais au lieu d'appliquer le plan d'épreuve aux divers points, puis de le transporter à chaque fois dans la balance électrique, laissons le plan d'épreuve fixe dans la balance, et mettons-le en communication avec l'ellipsoïde placé à une grande distance ; par l'intermédiaire d'un long fil, on constate que l'angle de torsion, mesurant la quantité d'électricité communiquée au plan d'épreuve,

reste constant, quel que soit le point de la surface touché par le fil conducteur. Tout se passe comme si la distribution sur l'ellipsoïde était uniforme. Si la distance est la même pour chaque point touché, la quantité d'électricité en chaque point ou densité électrique est variable, et cependant la quantité d'électricité transmise est toujours la même.

Ce n'est donc ni la quantité d'électricité répartie sur le conducteur qui détermine exclusivement le passage de l'électricité d'un corps à un autre, ni la densité aux points de contact.

3° Ce n'est pas non plus la *tension*, c'est-à-dire cette force dirigée vers l'extérieur, et qui n'est autre que la pression exercée contre la surface. On démontre en effet qu'elle est proportionnelle au carré de la densité : elle varie donc aux divers points d'un ellipsoïde en équilibre électrique, et ne peut être par suite une cause de mouvement électrique.

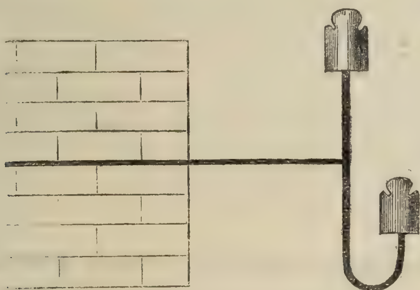
L'état d'équilibre de l'électricité sur un conducteur, ou le passage de l'électricité d'un point à un autre d'un conducteur, la loi de partage entre deux conducteurs ou le transport de l'électricité de l'un à l'autre, dépendent d'un nouvel élément, fonction à la fois des masses électriques et des distances. Ce nouvel élément, le potentiel, a été introduit par la théorie mathématique.

J. R.

CHRONIQUE.

Potelet en fer.

Nous recevons communication du croquis d'un modèle de support en fer adopté par M. Bardonnaut, inspecteur à Saint-



Étienne, pour la traversée dans cette ville de la ligne à deux fils qui relie l'hôtel de ville aux réservoirs d'eau. Ce modèle fait assez bon effet et économise un scellement.

Essais de communication simultanée
entre Paris et Lille (*).

La transmission simultanée a été mise à l'essai, par le même système et avec des appareils en tous points semblables, sur le Havre et sur Lille. Elle a réussi sur le Havre par

(*) Extrait d'un rapport de M. Bergon.

tous les temps; elle a échoué sur Lille pendant la mauvaise saison. Le fil de Paris à Lille a 250 kilomètres de longueur, celui de Paris au Havre n'en a que 229. -- Cette légère différence dans les longueurs n'explique pas la grande différence constatée dans les résultats.

Mais le fil de Lille n'a que 4 millimètres de diamètre, tandis que celui du Havre en a 5. En outre, le premier traverse les marais de la Somme et de l'Artois; il longe toute la gare de Fives dans une atmosphère constamment enfumée. Aussi, sur la ligne de Lille, la résistance de compensation varie-t-elle selon le temps qu'il fait : à Paris, de 3.600 unités à 1.800, et à Lille, de 2.800 à 1.400; tandis que sur la ligne du Havre ces oscillations se produisent, toutes circonstances égales d'ailleurs, dans des limites plus restreintes. La résistance du rhéostat est toujours plus grande à Paris qu'à Lille; il en est de même sur la ligne du Havre. Cela tient à la longueur plus grande des lignes souterraines de Paris. Sur la ligne du Havre, on emploie une plus grande surface de condensateur, ce qui doit être, le fil étant plus gros.

Sur le Rhéotome liquide à base d'aluminium

et son emploi dans la télégraphie (*).

Lille, 2 juillet 1876.

De mes recherches multiples il résulte :

1° Que la propriété attribuée à l'aluminium est bien réelle, et qu'elle produit une interruption persistante et presque complète, lorsque ce métal forme l'électrode positive;

2° Que le rhéotome pourrait être substitué, avec succès, au rappel par inversion de courant, dans les postes secondaires desservis en dérivation;

3° Qu'il peut être utilisé, comme moyen de préservation, à la place des paratonnerres à bobine.

Depuis le 27 mars dernier, quatre rhéotomes fabriqués grossièrement ont été placés sur deux lignes municipales desser-

(*) Extraits d'un rapport de M. Caël.

vant, l'une Orchies et Templeuve, l'autre Don et Loos; un cinquième est installé dans le bureau d'Armentières uniquement dans le but de multiplier les essais. Ils n'ont pas cessé un seul instant de fonctionner avec la plus parfaite régularité, sans qu'il ait été nécessaire de remplacer les électrodes qui ne sont pas visiblement attaquées, ou de modifier la dissolution conductrice.

J'ai dit que le rhéotome liquide peut aussi être utilisé comme paratonnerre.

Il ressort, en effet, des expériences que j'ai faites avec une machine électrique Holtz et de fortes bouteilles de Leyde, en graduant les batteries et l'intensité des charges, que le voltamètre à lames de platine et d'aluminium offre la même résistance au passage de l'électricité statique, quel que soit le métal qui sert d'électrode positive (que la lame d'aluminium soit naturelle, ou préalablement recouverte d'une couche d'oxyde au moyen d'un courant voltaïque) les résultats sont les mêmes; que les étincelles ne sont pas sensiblement diminuées par l'introduction d'un liquide; enfin que le rhéotome laisse passer des décharges sensiblement plus faibles que celles qui amènent la détérioration du fil ténu de nos paratonnerres.

D'où l'on est en droit de conclure que si l'on reliait l'électrode aluminium à un fil de ligne et le platine à la terre, la dérivation ainsi établie n'offrirait aucune issue au fluide positif produit par nos piles, tandis qu'elle serait ouverte aux plus petites décharges atmosphériques.

Le rhéotome serait donc un appareil préservateur plus efficace que la bobine, sans en avoir les graves inconvénients.

Lille, 22 août 1876.

Des rhéotomes à lame d'aluminium ont été montés à Lille central, Loos, Don, Orchies, Templeuve, Merville et Estaires.

Chacun d'eux comprend un vase en verre petit modèle (ancien Marié-Davy) et un bouchon en liége dans lequel sont fixées deux électrodes, l'une en platine, l'autre en aluminium.

Ils sont construits de telle sorte que les deux lames (celle d'aluminium est sous forme de fil de $0^{m},001$ de diamètre) puissent être enfoncées plus ou moins dans le liquide. Cette

disposition a pour but: 1° de diminuer au besoin la résistance du voltamètre quand il ne fonctionne pas comme interrupteur; 2° de rendre plus rapide et plus uniforme l'oxydation de l'aluminium, en réduisant autant que possible la surface en contact avec le liquide conducteur.

Quelle que soit l'étendue des surfaces immergées, la résistance du rhéotome au passage, quand l'aluminium est au pôle positif, dépasse 20.000 unités; lorsque le courant pénètre par le platine, elle varie de 150 à 200 unités Siemens, suivant le degré d'immersion des électrodes.

J'ai obtenu ces résultats avec une dissolution légère de bichromate de potasse (4 à 5 grammes dans l'eau pure remplissant les 2/3 du vase en verre).

La résistance de la liqueur serait moindre si elle était plus saturée; mais j'ai trouvé des inconvénients à la rendre plus conductrice par ce procédé; on arriverait, du reste, au même but en rapprochant les deux lames de manière à diminuer l'épaisseur de la couche liquide que doit franchir le courant.

Nul doute que ce petit appareil puisse être établi dans de meilleures conditions; mais tel qu'il est, il n'a cessé de me donner de bons résultats. Il est d'un entretien à peu près nul et d'une surveillance facile, à la portée de tous. La fermeture étant hermétique, l'évaporation ne se produit pas, et le liquide reste toujours au même niveau. Quant à l'aluminium, s'il est attaqué, ce que je n'ai encore constaté nulle part jusqu'à ce jour, la disposition adoptée permet de le faire pénétrer d'une longueur constante dans la dissolution ($0^m,005$ environ), ou même, le cas échéant, de le remplacer totalement sans la moindre difficulté.

Lorsqu'on emploie une lame neuve d'aluminium, elle n'est pas immédiatement interruptrice; elle n'acquiert cette propriété qu'au bout de quelques minutes (le plus souvent une ou deux minutes suffisent); mais une fois qu'elle en est douée, elle la conserve presqu'indéfiniment, à moins que le rhéotome ne demeure pendant un temps assez long dans un circuit fermé, son platine communiquant avec le pôle positif de la pile.

J'ai fait durer l'expérience une demi-heure avec 10 éléments Leclanché et une résistance extérieure de 25 kil. L'aluminium

s'est désoxydé et recouvert d'un dépôt jaunâtre que je n'ai pas analysé. Il a perdu sa propriété; mais il a suffi de faire suivre au fluide une marche contraire pendant une minute pour la lui rendre. Les inversions de courant, aussi rapides qu'il est possible de les produire à la main, ne modifient plus dès lors cet état.

Cette expérience, que j'ai répétée maintes fois, semble indiquer ou que la couche d'oxyde se maintient intégralement et n'est conductrice que pour un sens du courant, ou qu'elle est attaquée sur une très-petite surface lorsque le platine est électrode positive. Une trouée imperceptible suffit pour livrer passage au fluide. J'admettrais plus volontiers cette seconde hypothèse.

Il convient de remarquer que l'interruption produite par l'oxydation du métal n'est pas complète; le courant continue à s'écouler, en très-faible quantité il est vrai, mais un galvanomètre ordinaire en révèle le passage. L'hydrogène qui se dégage au pôle négatif peut bien réduire très-partiellement l'oxyde dont l'épaisseur est presque infinitésimale, et fait ainsi disparaître la résistance qu'elle oppose au passage du courant.

Sur un nouveau moyen d'évaluer la force magnétique.

Par MM. Trève et Durassier.

Soit un aimant en fer à cheval, de longueur quelconque, recouvert sur une face d'un vernis, ou mieux d'une lame de verre. Si, sur sa partie neutre, on dépose un cylindre de fer doux, on voit celui-ci se mettre en mouvement vers les pôles, qu'il atteint dans un temps qui est naturellement fonction du poids du cylindre et de la force coercitive de l'aimant.

L'attraction magnétique ne s'exerce donc plus ici dans le champ si limité qu'on lui connaissait, mais sur toute l'étendue de l'aimant.

Il en résulte, par suite, un nouveau mode d'évaluation de la force magnétique, par le travail mécanique qu'elle aura

effectué. Le produit du poids du mobile par l'espace parcouru, divisé par le temps écoulé, sera la mesure rigoureuse de cette force magnétique.

Expérience sur l'électricité de frottement.

M. Spring décrit le phénomène suivant à l'Académie de Belgique. — On tend une feuille mince de caoutchouc vulcanisé, jusqu'à lui faire acquérir une surface sextuple de celle qu'elle a, et on la frotte avec du drap jusqu'à ce qu'elle attire les corps légers. Si on la laisse ensuite se contracter, l'attraction électrique diminue à mesure que la feuille se rétrécit, et disparaît quand elle est revenue à sa grandeur première. Ce fait semble prouver que l'état élastique dépend jusqu'à un certain point de l'arrangement moléculaire du caoutchouc (ou du soufre).

(*Eng. Mech.*)

L'échange des signaux à la mer.

Dans une conférence tenue à Glasgow, Sir William Thomson propose de remplacer, au moins dans les temps de brouillard, le système des pavillons par le système de correspondance du Code Morse, c'est-à-dire l'emploi de points et de traits produits par des sons de hauteurs différentes. Pour les signaux longs, on donnerait une note grave; pour les signaux courts, une note moins grave. L'ordre serait transmis dans moins de temps qu'on n'en met à hisser un pavillon.— A l'Exposition de Philadelphie, on a étudié l'emploi de sirènes à vapeur pour l'échange des signaux en temps de brume. La sirène donne avec une parfaite sûreté l'une des deux notes différentes. Mais une pareille précision n'est pas nécessaire, et deux sifflets à vapeur donnant une note différente suffisent très-bien.

Le système de deux notes différentes est préférable à celui des sons courts et brefs; car, de la prolongation accidentelle

du son dans certaines circonstances imprévues pourraient résulter de graves inconvénients.

La sirène à vapeur américaine a deux inconvénients : l'un est que la hauteur du son baisse à mesure que le son se prolonge ; l'autre, que cet instrument exige une trop grande force pour fonctionner. Sir William Thomson propose d'ajouter à l'arbre de la sirène un troisième disque, lequel donerait *la note explicative* du navire. Dans une escadre de quatre navires, où chaque navire aurait comme indicatif une des notes de l'accord parfait, le sifflement d'une note ferait connaître le navire signalé. Ce système serait applicable, même à une escadre de huit navires. L'intervalle d'un ton majeur entre deux notes suffit pour les distinguer sans hésitation ; et la distinction est plus nette qu'avec un intervalle d'une octave.

Effet des lignes souterraines

dans les circuits télégraphiques.

L'effet des lignes souterraines introduites dans les circuits télégraphiques exploités par des appareil rapides a été signalé par M. Culley à la Société des ingénieurs télégraphiques de Londres. (Voir *Annales*, même tome, p. 46, etc.)

Les résultats cités par M. Culley viennent d'être constatés sur le circuit de Paris à Marseille, desservi par l'appareil Wheatstone. Le conducteur qui relie les deux postes est un fil aérien de $0^{m},005$ sur la presque totalité du parcours, sauf entre Juvisy et Paris où il est constitué par un câble souterrain de 24 kilomètres de long, dont la partie conductrice de l'âme est un toron de sept fils de cuivre présentant une section de $0^{mq},002$. Dans ces conditions, la vitesse du télégraphe automatique de Wheatstone, fonctionnant en *duplex system*, variait à Paris de 55 à 65 mots par minute, et le condensateur destiné à équilibrer la charge statique de la ligne avait habituellement une capacité de 7 microfarads. A Marseille, c'est-à-dire au poste le plus éloigné de la ligne souterraine, la vitesse de

transmission n'était que de 45 à 55 mots environ ; le condensateur, de 4 microfarads seulement, était séparé de la ligne artificielle par une résistance supplémentaire de 1.000 à 1.400 ohms, pour ralentir la charge et la décharge.

En remplaçant la ligne souterraine par un fil aérien entre Paris et Juvisy, ce qui a mis les deux stations extrêmes dans une situation symétrique par rapport à la ligne, on a dû immédiatement diminuer à Paris la capacité du condensateur à 4 microfarads, comme à Marseille, et intercaler également une resistance supplémentaire de 1.200 à 1.400 ohms, et la vitesse de transmission s'est élevée des deux côtés jusqu'à 75 et 80 mots par minute.

CARÊME.

Le tendeur à fil de soie de l'appareil Morse

modifié par M. E. Houzeau.

Le tendeur à fil de soie, employé jusqu'à présent pour régler le ressort antagoniste de l'appareils Morse, offre plusieurs inconvénients :

1° Difficulté pour faire passer le fil de soie antour de la poulie et l'attacher au ressort;

2° Difficulté pour enfiler le petit trou du bloc mobile et faire le nœud;

3° La poulie ne pouvant bien fonctionner qu'à la condition d'avoir beaucoup de jeu entre ses supports, le fil, quand il a été entièrement détendu, est presque toujours pincé entre ces pièces, lorsqu'on le tend de nouveau. Par suite : usure du fil qui en détermine rapidement la rupture, etc., etc.

Malgré tous ces inconvénients, ce système de tendeur mérite d'être conservé; il présente, en effet, un avantage précieux : c'est de permettre au praticien de voir ce qu'il fait lorsqu'il règle son appareil.

Si donc, il est possible de faire disparaître les inconvénients énoncés plus haut, le tendeur à fil de soie devient le meilleur système de réglage antagoniste du levier Morse.

M. L. Houzeau a imaginé un tendeur à fil de soie qui conserve l'avantage dont nous venons de parler et qui supprime les difficultés que nous avons tout d'abord énumérées.

La poulie est remplacée par un cylindre à gorge encastré dans son support : de là impossibilité de pincer le fil et de le détériorer.

La forme même de ce cylindre, dont le diamètre va en décroissant des extrémités vers le milieu, fait que le fil est forcément ramené dans la gorge.

L'espace laissé entre les supports, au-dessous du cylindre, est assez grand pour qu'on puisse y faire passer non-seulement le fil, mais le ressort lui-même.

Le trou du bloc mobile est remplacé par une fente qui permet d'y introduire le fil avec la plus grande facilité. Une fois entré, ce fil n'en sort plus, si détendu qu'il soit, parce que la partie inférieure de la fente du bloc est plus élevée que la gorge du cylindre, ce qui n'a pas lieu pour le trou de l'ancien bloc.

Avec ces dispositions, on peut attacher à loisir le fil au ressort et le nouer avant de le remettre en place.

Projet d'une ligne télégraphique
de l'Égypte au Cap.

Il est question d'établir une ligne télégraphique à travers le continent africain jusqu'au Cap. Il existe déjà une communication télégraphique d'Alexandrie à Karthoum, distance : 11.000 milles anglais. On fait en ce moment des arpentages de terrain pour continuer la ligne jusqu'à Gondokoro. De Karthoum à la base de Delagoa, il n'y a que 2.600 anglais (le mille anglais = 1.609 mètres), longueur moindre que celle des lignes existantes des trois autres continents.

La ligne passerait au-dessous du lac Victoria-Nyanza et du lac Yanganyika, puis remontant le Schiré et le Zambèze, s'en irait à la mer où un câble sous-marin, de courte étendue, le mettrait en communication avec la baie de Delagoa ou Port-Natal. Un embranchement relierait Udjidji à Zanzibar.

Au lieu de poteaux ordinaires, on se servirait des arbres sur plusieurs points du parcours. La difficulté viendrait de la convoitise des indigènes qui aiment à s'approprier ce qui ne leur appartient pas, entre autres le fil de fer; mais on espère qu'on viendrait à bout de cette difficulté.

(*Annales industrielles.*)

Télégraphie double sous-marine.

On sait que la télégraphie double a, dans ces dernières années, particulièrement attiré l'attention des électriciens, et ce système est actuellement appliqué sur un certain nombre de lignes terrestres, en Angleterre et ailleurs. Mais jusqu'à cette année, le problème plus difficile de la transmission simultanée sur les longs câbles sous-marins était encore à résoudre. La grande difficulté à vaincre dans le *duplex* sous-marin réside dans la suppression de la réaction inductive produite sur l'instrument récepteur par la charge statique du câble. On y est parvenu cependant, grâce à l'invention de M. John Muirhead (de la maison Warden, Muirhead et Clark) et les expériences du docteur Muirhead et de M. Herbert Taylor sur les câbles de l'*Eastern Telegraph Company*, dont il convient de signaler le zèle à encourager et à mettre en essai toute invention ayant pour objet le perfectionnement de l'exploitation des lignes sous-marines. L'invention de M. Muirhead consiste dans la construction d'un câble artificiel ayant la même résistance, la même capacité, le même isolement que le câble réel, et capable de balancer tous les effets de ce dernier sur le récepteur. M. Muirhead a également breveté divers moyens de perfectionner cet équilibre de manière à rendre l'emploi du *duplex* pratique et continu. Au printemps de cette année, ce système a été appliqué sur les câbles de Marseille-Malte, et de Suez-Aden, appartenant à l'*Eastern Telegraph Company*, et mise en pratique pour leur exploitation normale. La longueur de la dernière section est de 1.460 milles marins, et électriquement parlant, c'est une des plus longues sections

qui existent. Les avantages de cette invention pour les compagnies télégraphiques sont considérables, car elle double pratiquement le rendement des câbles, et accélère la vitesse de transmission des dépêches.

(*Engineering*.)

Nouvelle Lampe électrique

imaginée par M. Jabloschkoff.

(Note de M. Denayrousse à l'Académie.)

J'ai l'honneur de porter à la connaissance de l'Académie le résultat des études poursuivies dans mes ateliers par M. P. Jabloschkoff, ancien officier du génie russe, sur la question de l'éclairage électrique.

La découverte de M. Jabloschkoff entraîne d'abord la suppression absolue de tout mécanisme ordinairement usité dans les lampes électriques ordinaires.

La nouvelle source lumineuse se compose de deux charbons fixés parallèlement à une petite distance l'un de l'autre et séparés par une substance isolante susceptible de disparaître en même temps que les charbons. Lorsque le courant commence à passer, l'arc voltaïque jaillit aux deux extrémités libres des deux charbons. La couche la plus voisine de matière isolante fond, se volatilise et déchausse lentement la double baguette de charbon absolument comme la cire d'une bougie découvre progressivement sa mèche unique à mesure que la combustion se propage de haut en bas.

L'idée en question, qui ne paraissait au début qu'une simplification, à la vérité très-grande, des procédés de production de la lumière électrique, en supprimant les régulateurs, s'est révélée, à l'étude, comme entraînant des conséquences importantes. La chaleur de la combustion des charbons, perdue dans l'air avec les régulateurs, est utilisée avec la bougie pour la fusion et la volatilisation du mélange isolant. La composition de celui-ci peut varier à l'infini, car on peut employer la plupart des substances terreuses. Les matières réputées les

plus infusibles se volatilisent lorsqu'on les introduit au cœur de l'arc voltaïque, comme nous le faisons, grâce à la disposition adoptée pour la bougie électrique.

Nous employons indifféremment comme substances isolantes le sable, les verres, les mortiers, les laques, etc., etc. Notre mélange le plus simple et adopté provisoirement comme le moins coûteux se compose de sable et de verre pilé.

La lumière provenant de l'incandescence de cette substance dans l'arc voltaïque produit des effets analogues à ceux de la lumière Drummond.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir obtenu du premier coup le meilleur mélange, mais il en est qui nous ont déjà donné, à force électrique égale, le double de la lumière d'un régulateur.

Enfin nous sommes parvenus à diviser la lumière électrique produite par une seule source de courant.

Avec une seule machine Gramme du type ordinaire, sortie des ateliers Bréguet, nous arrivons à faire brûler trois bougies à la fois.

Les communications présentées cette année par M. Tresca et M. Sartiaux font ressortir l'importance d'une découverte de ce genre.

Le Télégraphe autokinétique.

Le but de cette invention, due à un Espagnol, est de permettre à un certain nombre de stations, maisons, postes de pompiers et de police, etc., de communiquer par le même fil avec une station centrale, sans que les signaux se confondent. Dans le système usité jusqu'ici, il faut un fil pour chaque station afin qu'il n'y ait pas de confusion dans les transmissions. Il est vrai qu'on peut embrocher plusieurs appareils dans le même circuit ; mais une seule station peut transmettre ses signaux à un moment donné et une seconde station ne peut transmettre que quand la première a terminé. Un pareil système n'est pas pratique, quand il s'agit

d'annoncer un incendie ; car peu de personnes ont alors assez de présence d'esprit pour attendre patiemment que la ligne soit libre, et donner seulement alors le signal d'alarme.

L'inventeur s'est proposé de réaliser un mode de communication économique et sûr.

Quand il s'agit de prévenir d'un incendie ou d'un vol, toute la manipulation doit consister dans le mouvement d'une manette ou la pression d'un bouton, chose que les personnes, même les plus nerveuses, peuvent exécuter facilement.

Le problème est donc de trouver un appareil, qui, par le simple mouvement d'une manette, indique le genre d'assistance qne l'on réclame, le lieu où l'on a besoin de cette assistance, et celà aussi économiquement que possible.

Le télégraphe autokinétique emploie deux fils, quel que soit le nombre des stations ; par une disposition ingénieuse, si l'on manœuvre la manette à une station pendant qu'une autre station transmet un signal dans le même circuit, le second signal ne peut être transmis que quand le premier est achevé. Le mouvement de la manette met l'appareil dans le circuit, dès la cessation du courant envoyé par le premier signal.

L'appareil se compose de trois parties : le récepteur, le transmetteur et le commutateur.

Chaque circuit (de deux fils) a un récepteur placé à la station centrale à laquelle il s'agit de donner l'alarme ; et un transmetteur et un commutateur à manette à chacune des stations d'où le signal doit partir.

Le transmetteur est un appareil à mouvement d'horlogerie : sur l'axe de l'une des roues sont fixés des disques dont la circonférence est munie d'entailles. Un petit levier appuie contre la circonférence de ces disques, et entre dans les entailles ou en sort pendant que le disque tourne, faisant ainsi une série de contacts courts ou longs suivant que les entailles sont rapprochées ou éloignées les unes des autres. En disposant convenablement ces entailles, il est clair qu'on pourra faire en sorte que la relation des disques transmette constamment les signaux voulus.

C'est un électro-aimant qui produit le déclanchement du mouvement d'horlogerie.

Le commutateur à manette, qui est manœuvré par la personne qui donne le signal d'alarme, est muni d'un ou plusieurs boutons de contact correspondant aux disques du transmetteur.

Si l'on place la manette, par exemple, sur un des contacts marqués *feu*, le disque correspondant à ce contact tournera et transmettra en lettres Morse la lettre F suivie d'un numéro indicateur de la station, les entailles du disque étant disposées de manière à produire ce signal.

La pile est placée à la station centrale, et quand on manœuvre le commutateur à l'une des stations, son circuit est mis à la terre par le commutateur et l'un des disques. Dans le circuit de la pile se trouve le récepteur qui est un Morse ordinaire, dont le mouvement d'horlogerie est déclanché par le courant.

Quand la manette du commutateur est arrêtée sur un contact, elle est maintenue sur ce contact par un électro-aimant, tant que le signal ainsi envoyé n'est pas achevé.

A l'aide du second fil, dès que le signal est achevé, l'électro-aimant du commutateur cesse de retenir sa manette, laquelle revient à sa position initiale, indiquant que le signal est terminé. Ce mouvement de retour de la manette replace tout l'appareil transmetteur dans sa position normale, et met en action le transmetteur de celle des autres stations qui a déplacé la manette de son commutateur.

Le récepteur est disposé de telle sorte que le courant fait fonctionner une sonnerie tout d'abord, et ne passe dans l'électro-aimant du Morse que quand la sonnerie a marché quelques instants.

L'inventeur propose de mettre des commutateurs dans des colonnes placées dans les principales rues, où les policemen pourront les manœuvrer.

(*The Telegraphic Journal.*)

Le Télégraphe parlant

(*Téléphone*).

On fait certain bruit depuis quelques jours autour d'une « véritable merveille télégraphique », pour employer l'expression dont on s'est servi. On viendrait de découvrir tout dernièrement le moyen de transmettre la parole à des distances quelconques. Il suffirait de parler à portée du télégraphe pour se faire entendre d'un bout à l'autre de l'Europe. On chanterait à New-York et l'on entendrait à Londres. Le morceau de musique joué à Paris serait entendu à Vienne, et réciproquement. On pourrait, avec un fil télégraphique, faire assister toute la province à l'audition d'un opéra nouveau, — de la vraie musique de chambre, cette fois! — Rien n'empêcherait de louer son fil télégraphique et d'entendre à domicile le meilleur orchestre du monde. J'en passe...

L'avenir nous réserve très-vraisemblablement de pareilles surprises; mais n'allons pas si vite. La nouvelle est vraie en principe : on peut transmettre des sons par un fil électrique; on peut même reproduire, tant bien que mal, à distance, une mélodie, c'est exact; ce qui ne l'est plus, c'est que nous ne sachions cela que d'hier; la nouvelle est vieille, et il n'est pas inutile de rétablir les faits sous leur véritable jour.

Nous écrivions en 1863 (*) :

« Bientôt on parlera sans doute à distance; le télégraphe Caselli transmet au loin le dessin qu'il vous plaît de lui confier, le plan, le paysage, etc., il dessine, il peint même. La parole se transmettra comme la pensée, comme l'écriture. Ce résultat n'est pas encore obtenu dans toute sa généralité; mais les premiers essais tentés dans cette voie sont assez concluants pour qu'il soit permis d'espérer leur réalisation prochaine. C'est à M. Reuss, professeur de physique à Friedrischsdorf, qu'est due l'expérience très-intéressante que nous allons faire connaître.

« Un public nombreux était réuni dans le grand amphi-

(*) *Causeries scientifiques : Découvertes et inventions*, t. III, 1864.

théâtre de physique de l'Association de Francfort. Cent mètres au delà, M. Reuss avait établi son appareil dans une salle bien close. A un moment donné, il recommanda le silence aux auditeurs du grand amphithéâtre; tout à coup une voix descendit comme du plafond; puis un chant se fit entendre pendant plusieurs minutes. D'où venait la voix? On eût dit le chant à la fois triste et mystérieux de sylphes, de gnomes voltigeant dans l'air. L'effet était saisissant.

« M. Reuss avait prié une artiste de Francfort de chanter derrière son appareil placé à 100 mètres de l'amphithéâtre. Les sons avait été transmis par un fil télégraphique jusque dans la salle... »

Dès cette époque, comme on le voit, on pouvait transmettre les sons par le télégraphe. L'appareil dont il a été question ces jours-ci a été expérimenté en Amérique par les professeurs Thomson et Watson. C'est le télégraphe électrique de M. le professeur Reuss. Il a reproduit le son à distance en Amérique comme à Francfort; c'est tout naturel.

Le secret du télégraphe parlant est bien facile à faire connaître. L'appareil transmetteur consiste en une grande boîte carrée en bois, fermée sur sa face supérieure par une mince membrane. C'est un tambour carré. Un gros porte-voix est fixé sur une des faces latérales. On parle devant son embouchure; le son, renforcé par la caisse sonore, entre à l'intérieur et fait vibrer la membrane. C'est le mouvement vibratoire de la membrane qui devient le point de départ de la transmission.

A cheval sur cette membrane est disposée une mince lame de platine qui oscille avec elle; à chaque oscillation, la lame vient butter sur une autre lame métallique en relation avec un fil électrique; à chaque contact des deux lames, un courant électrique passe dans le fil. Les vibrations de la membrane engendrent les vibrations similaires de la lame, et celles-ci produisent une succession de courants électriques dans le fil télégraphique. Voilà pour la station de départ. Voyons l'arrivée.

A l'arrivée, on remarque une espèce de boîte à violon au-dessus de laquelle, en guise de cordes, est installée une tringle

en fer, ou plutôt une aiguille à tricoter de 30 centimètres de longueur environ. Autour de l'aiguille on a enroulé des spires de fil de cuivre isolées les unes des autres par un tissu de soie. C'est tout.

Le fil télégraphique du départ aboutit à la spire qui entoure l'aiguille de fer. Les courants électriques lancés dans le fil par l'appareil transmetteur arrivent dans la spire et réagissent sur l'aiguille. Celle-ci se met à vibrer à son tour comme une corde de violon ; les vibrations de la membrane de l'appareil transmetteur retentissent ainsi sur l'aiguille du récepteur. La membrane recueille le son, l'aiguille le reproduit.

M. Reuss n'a fait ici que tirer un ingénieux parti d'une observation recueillie autrefois par Page et Henry : ces deux physiciens remarquèrent que lorsqu'on soumet une baguette de fer doux à une série rapide d'aimantations et de désaimantations, la baguette entre en vibration et rend un son.

Le passage du courant électrique dans la spire a pour effet d'aimanter l'aiguille en fer doux qui perd instantanément son aimantation quand le courant est interrompu. Ces aimantations et désaimantations successives engendrent le son, qui est renforcé par la boîte résonnante.

Et c'est ainsi qu'un son peut courir à travers l'espace sur un fil télégraphique.

Il est remarquable que, dans cette expérience, les vibrations de la baguette soient précisément synchrones des vibrations de la membrane, et, par suite, reproduisent exactement celles de l'instrument que l'on fait jouer devant le porte-voix. La hauteur de son et l'intervalle des notes sont parfaitement conservés, ces deux éléments qui constituent la caractéristique de la mélodie.

Jusqu'ici, et malgré les perfectionnements apportés depuis 1863, le téléphone est resté sans application. Comme moyen télégraphique, l'appareil est moins rapide que le télégraphe ordinaire. Le son produit est métallique, un peu nasillard, et assurément la voix la moins harmonieuse n'a aucun intérêt à se faire reproduire à distance par cet appareil ; toutefois, en se servant de plusieurs aiguilles bavardes au lieu d'une, en étudiant mieux la caisse résonnante, en transmettant les vi-

brations à des corps sonores d'un timbre plus agréable, nous ne doutons pas que l'on ne parvienne à une solution complète. Ainsi, M. Frédéric Katsner est parvenu à construire un orgue à flammes dans lequel les vibrations de la flamme dans des tubes donnent des sons harmonieux; peut-être la vibration électrique communiquée à ces flammes chantantes fourniraient-elle des sons d'un timbre agréable. On ne saurait, en tout cas, trop attirer l'attention des physiciens sur le télégraphe parlant; il peut devenir, entre leurs mains, un appareil télégraphique susceptible d'application, et assurément l'un des instruments les plus curieux qu'ait vus naître notre époque si riche en découvertes de toute nature.

(De Parville, *Débats.*)

TABLE DES MATIÈRES.

TOME IIIe. — ANNÉE 1876.

Numéro de Janvier-Février.

Numéro de Mars-Avril.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE

DES MATIERES.

TOME III. — ANNÉE 1876.

A

B

C

R

S

T

V

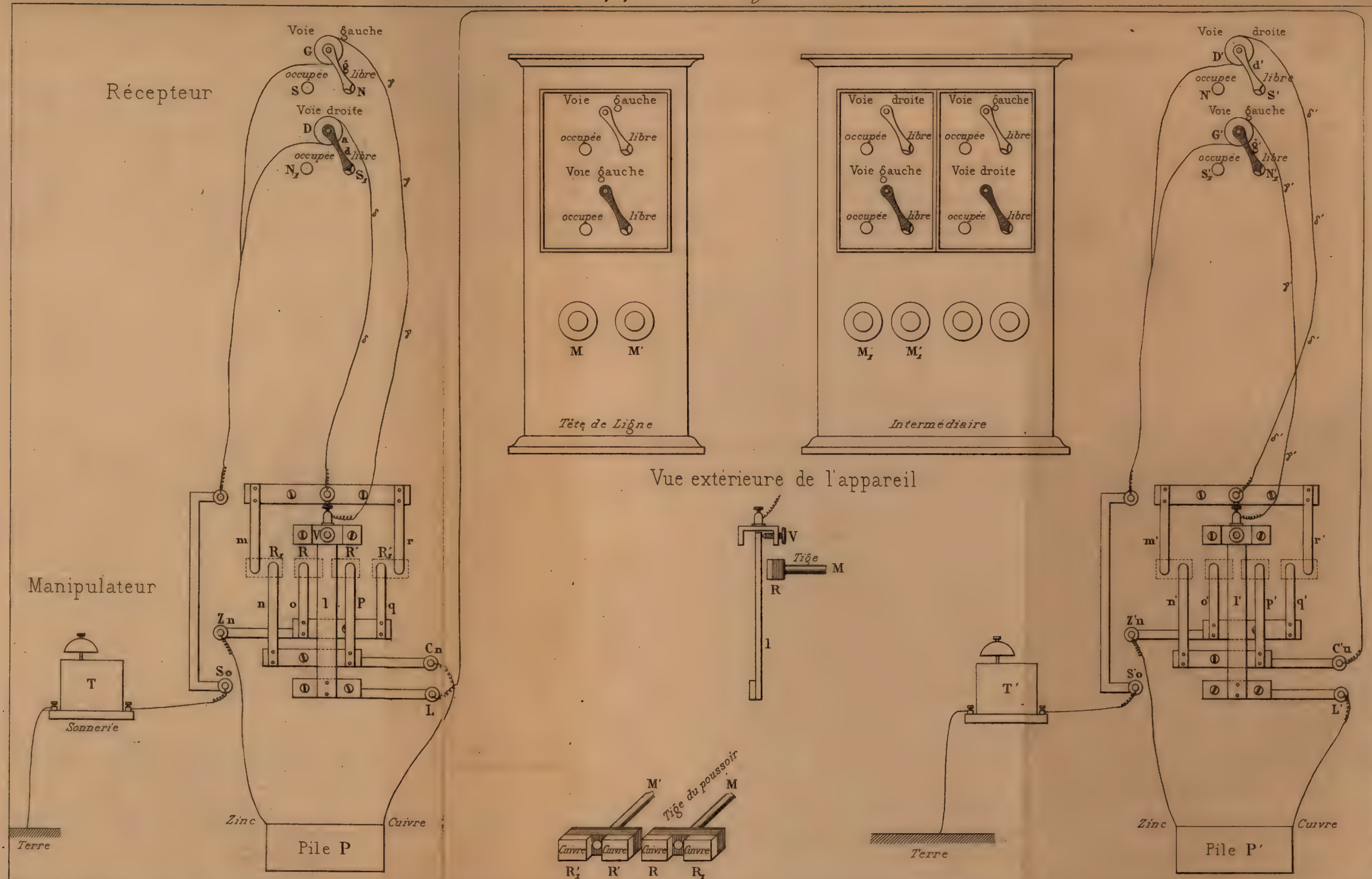
W

FIN DES TABLES.

Le Gérant : DUNOD. — mprimerie Arnous de Rivière, 26, rue Racine.

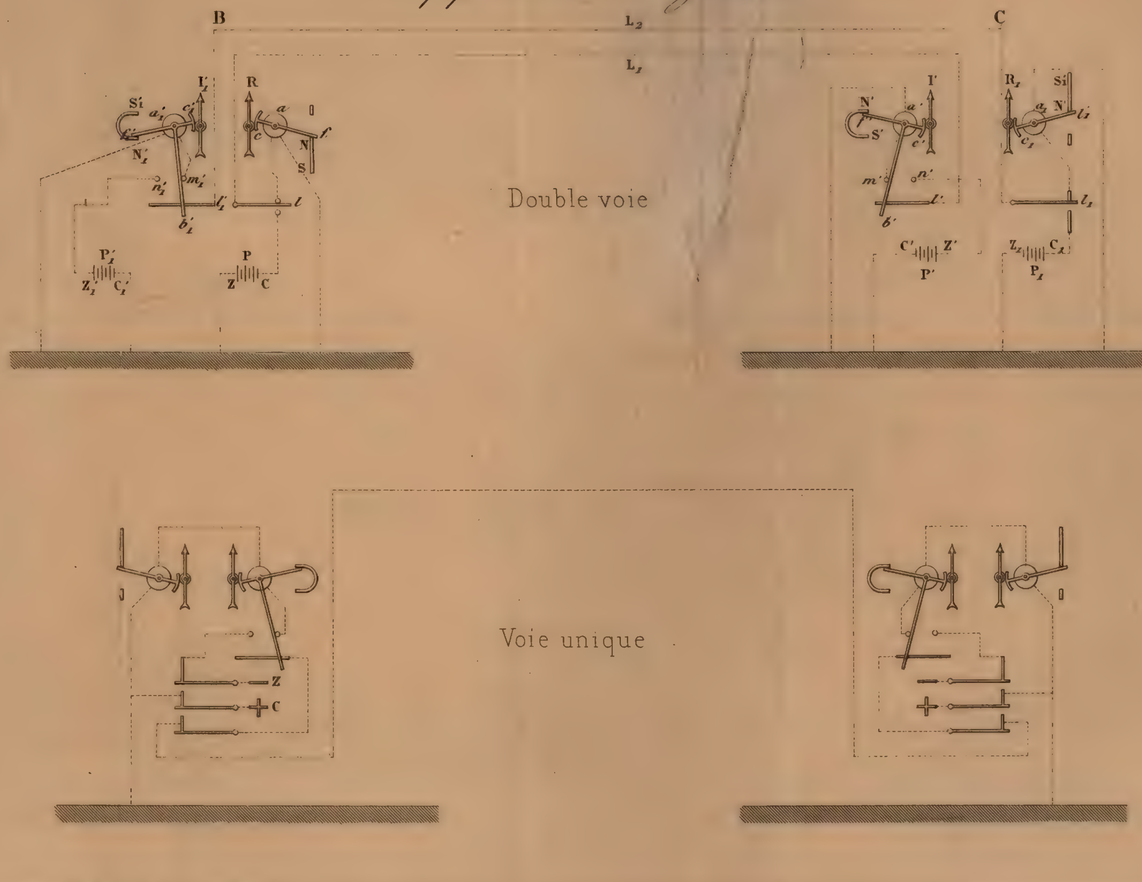
Appareil Tyer

PL. I.



gravé par E. Pérot.

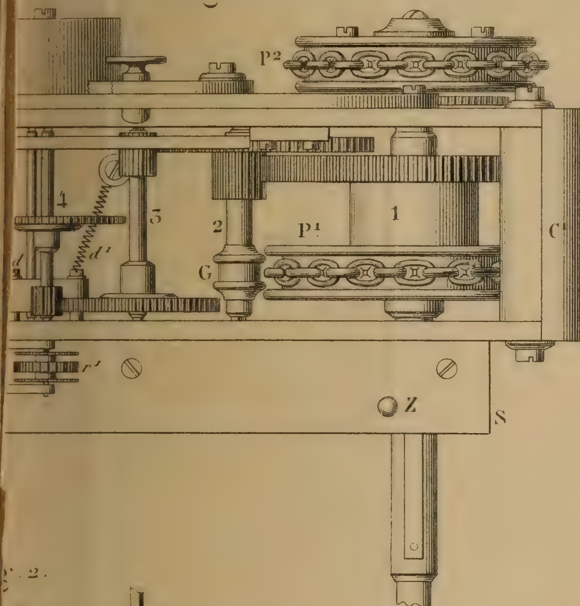
Appareil Reynault



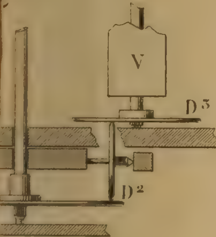
gravé par E. Pérot

...metteur (Moteur.)

Fig. 1.

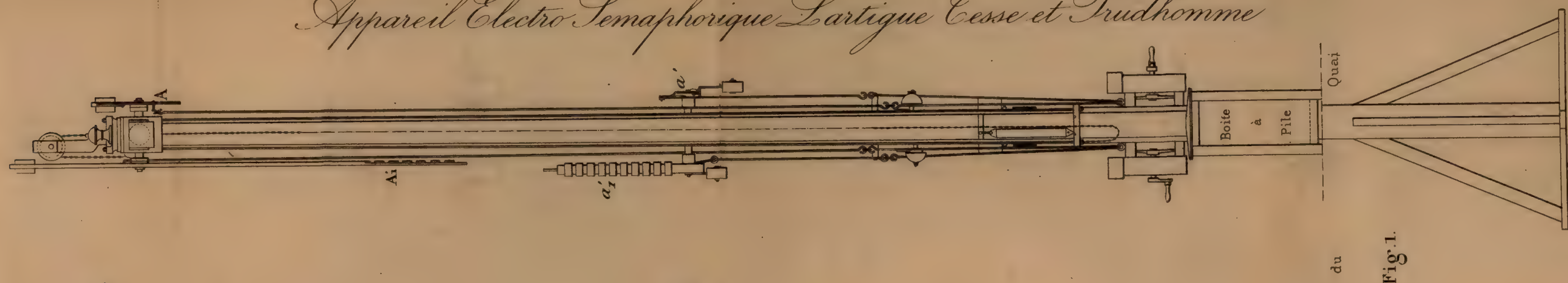


...g. 2.



Gravé par E. Perot

Appareil Electro Sémaphorique Lartigue Tesse et Prudhomme



du

Fig. 1.

Niveau

Boite à Pile

ARRET

Fig. 2.

LAISSEZ PASSER

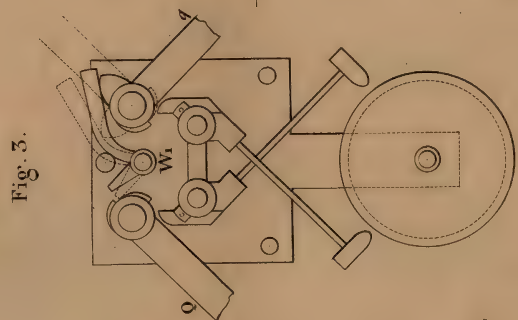


Fig. 3.

Gravé par Pérot

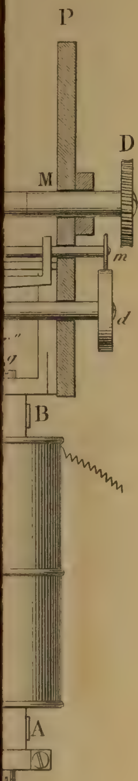


Fig. 3.

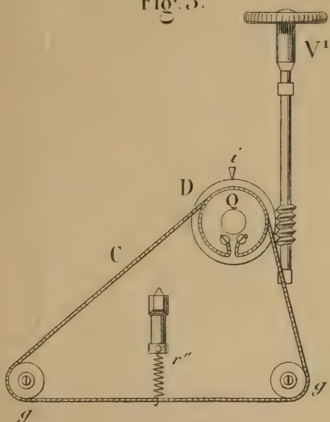
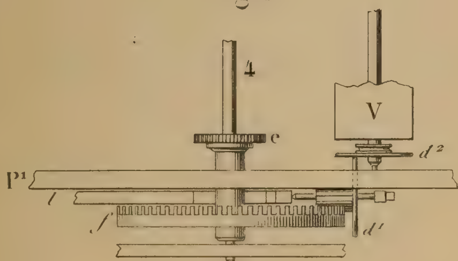
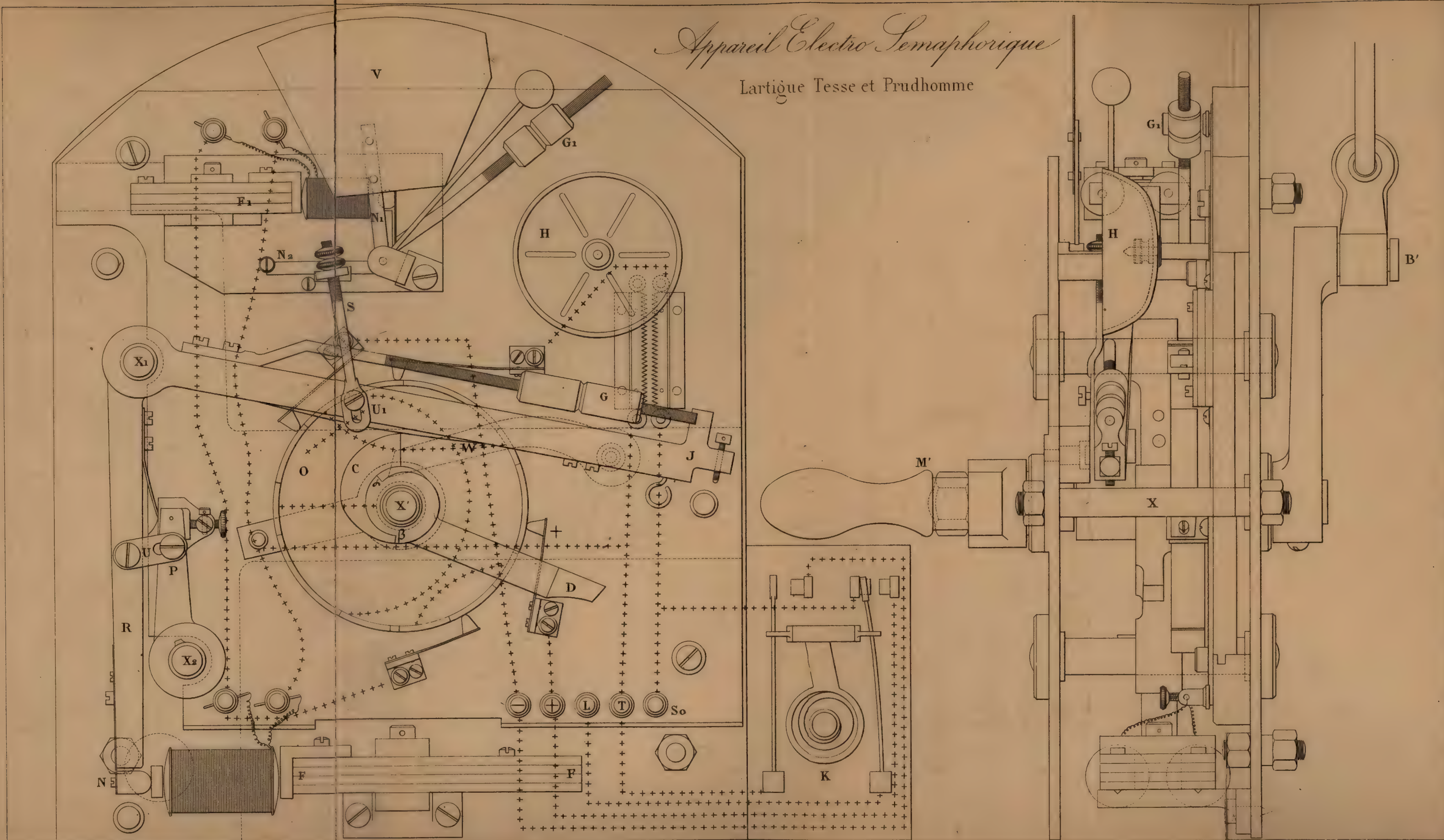
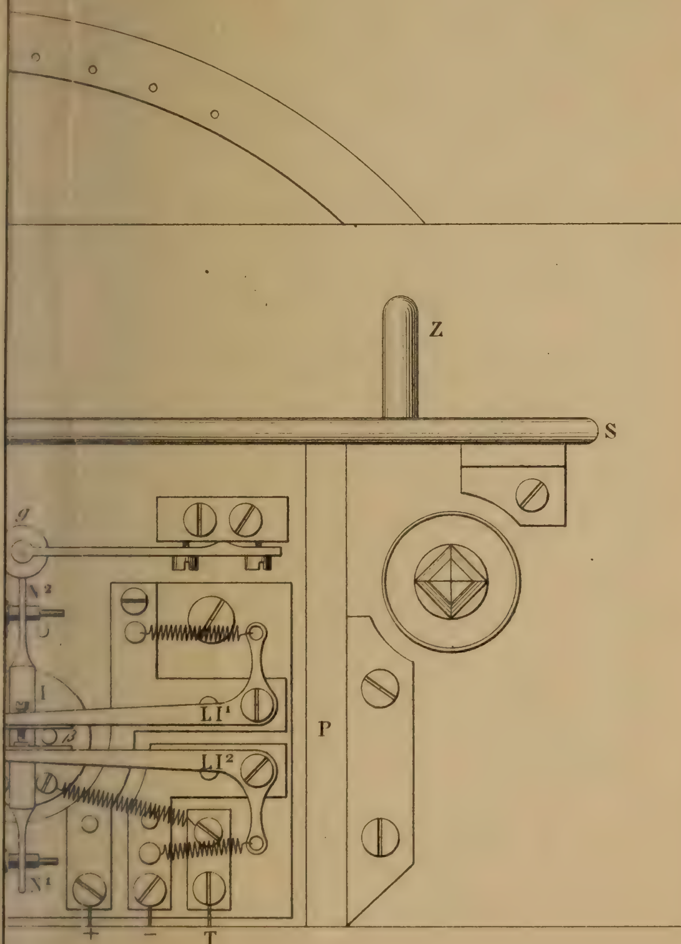


Fig. 4.

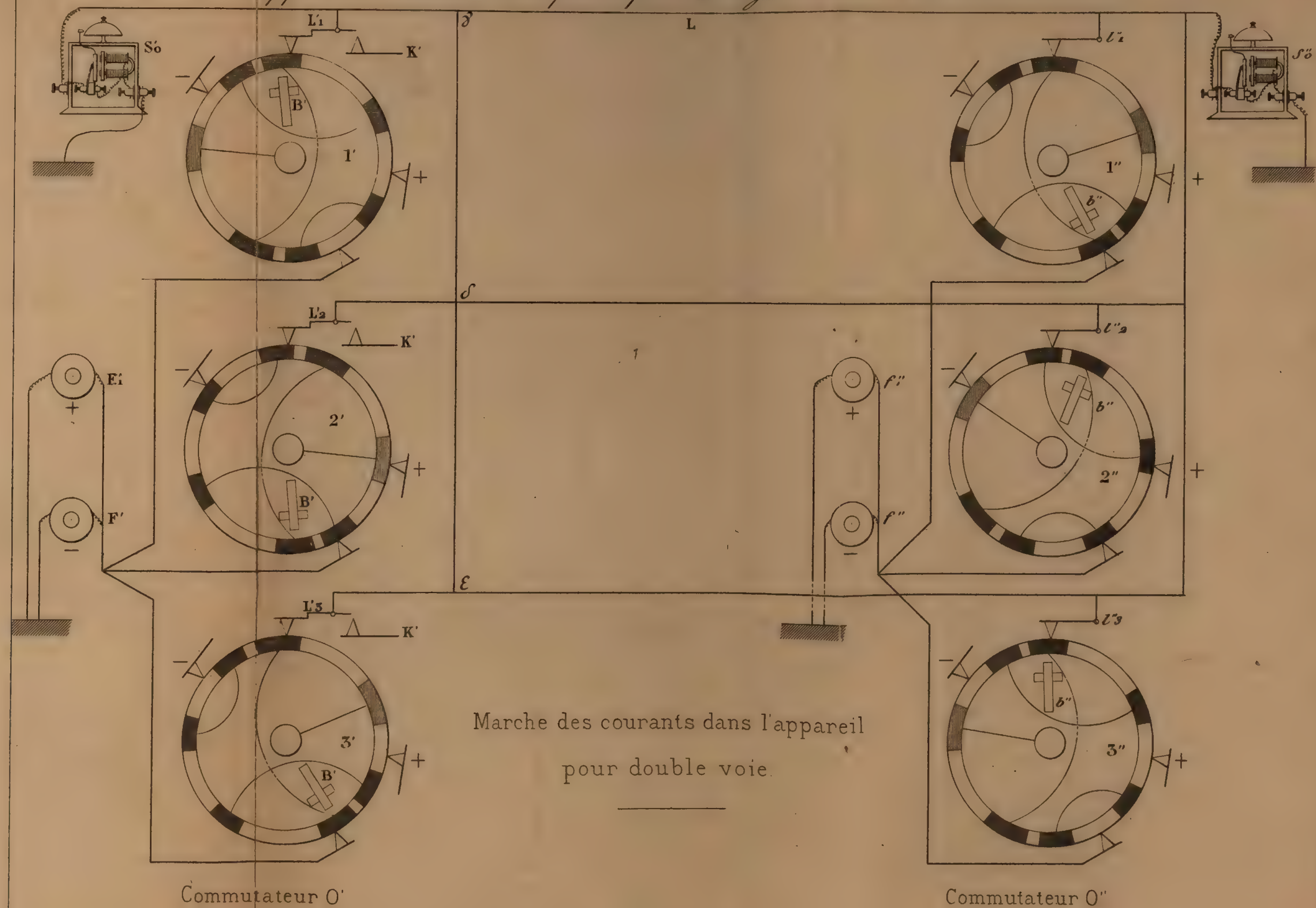


Gravé par E. Perot


Appareil Electro Semaphorique
Lartigue Tesse et Prudhomme
V
G1
F1
N1
N2
H
S
X1
G
U1
W
J
O
C
X'
M'
X
B'
U
P
D
R
X2
So
K
F
N
Gravé par Pérot

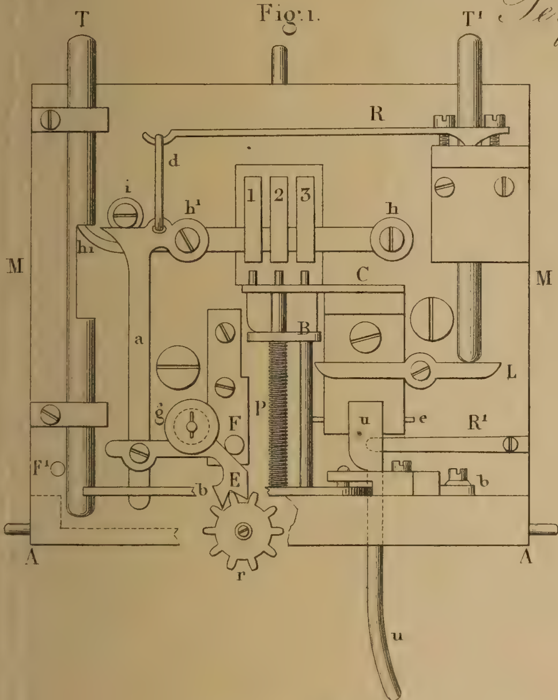


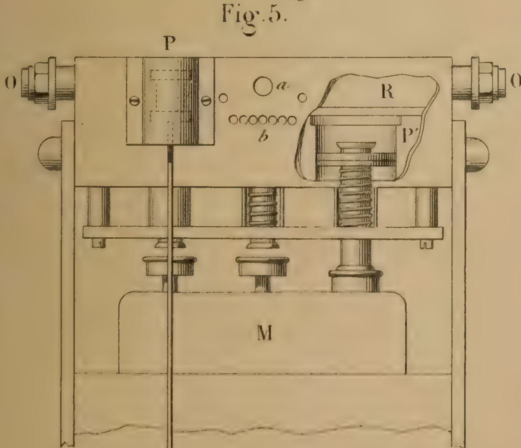
Gravé par E. Perot.

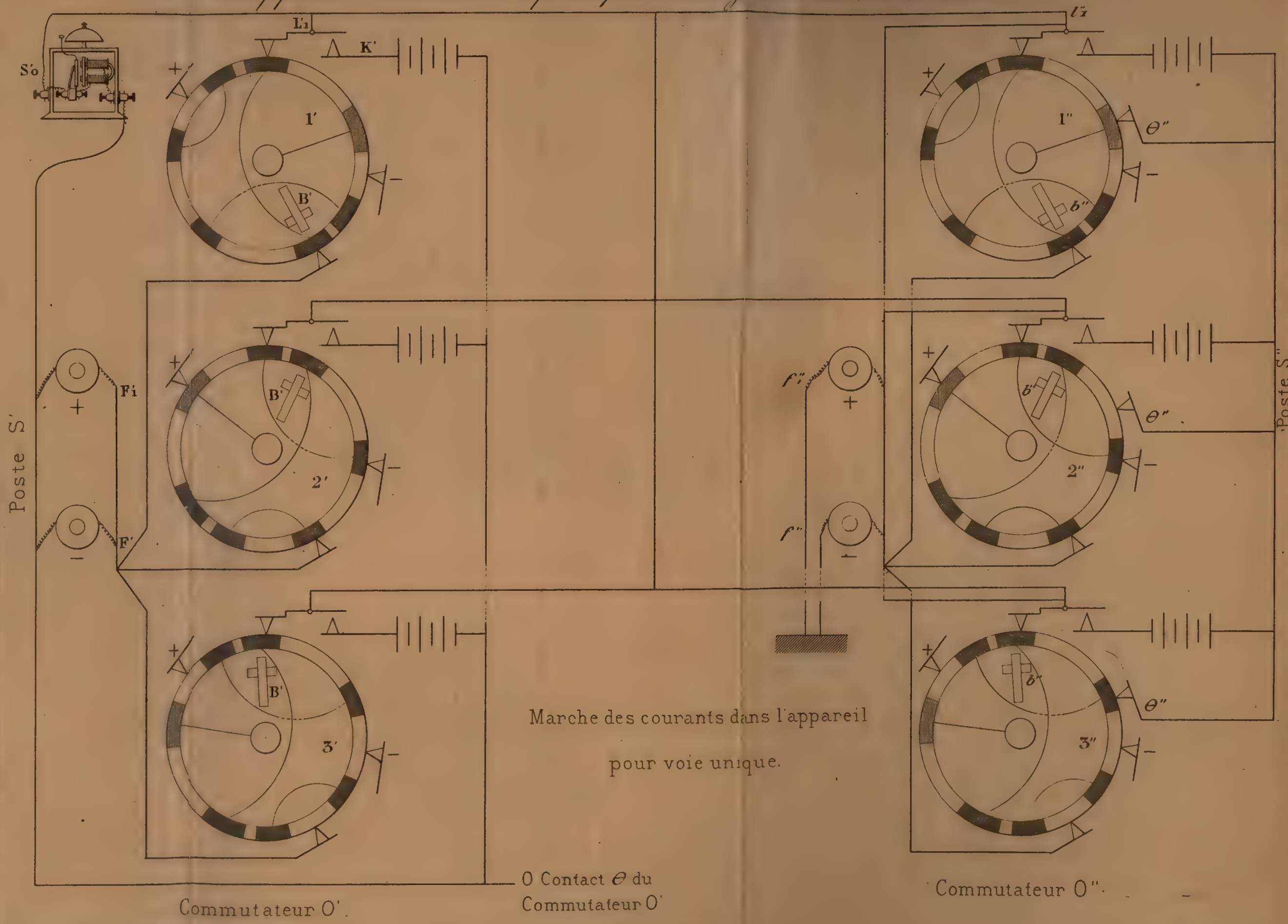


gravé par E. Pérot

Perforat... pne...





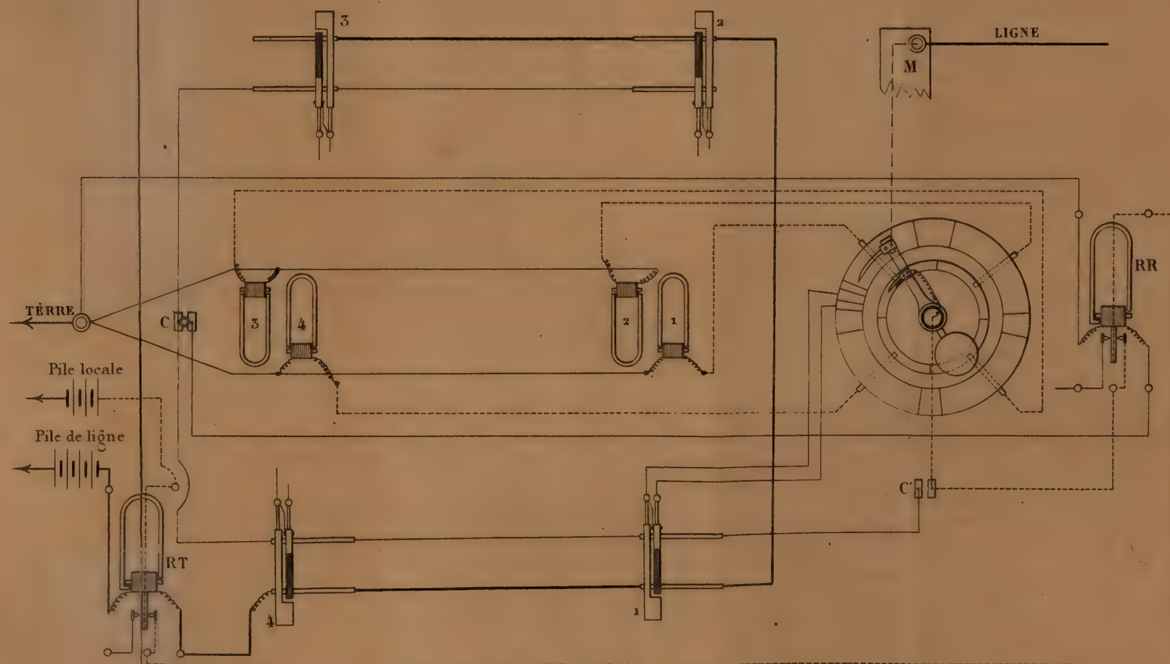


gravé par E. Pérot

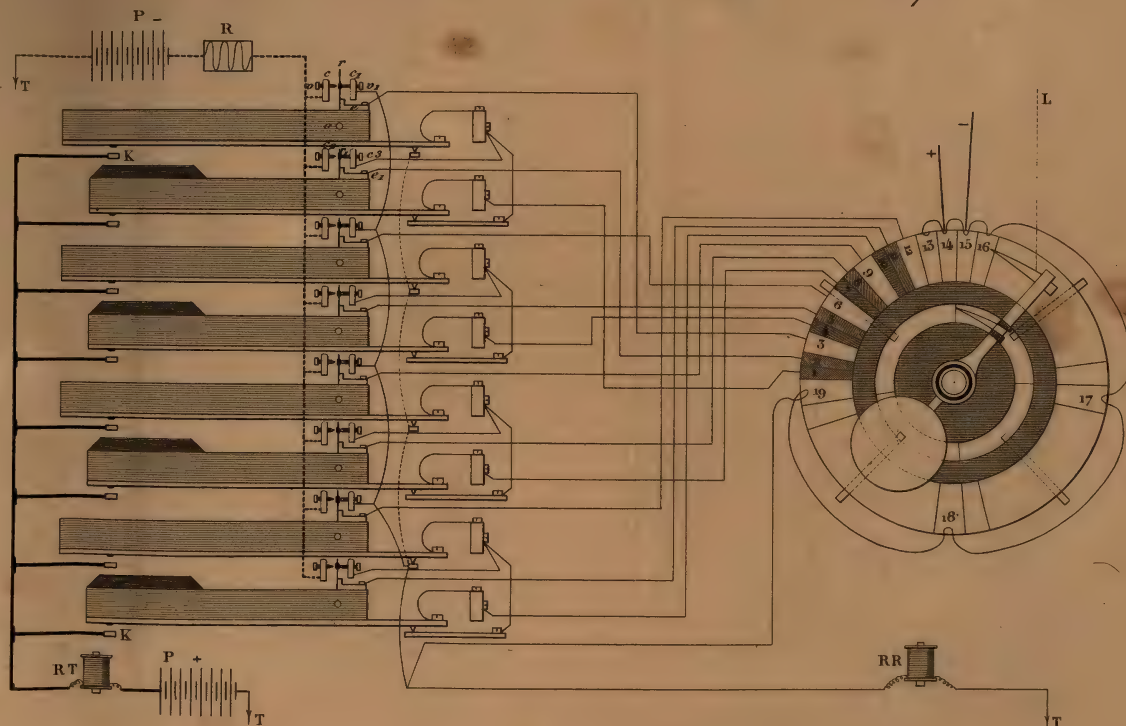

X-X
740
740
745

Nouvelle disposition des communications électriques

dans l'appareil multiple Meyer.



Application des courants inversés à l'appareil multiple.

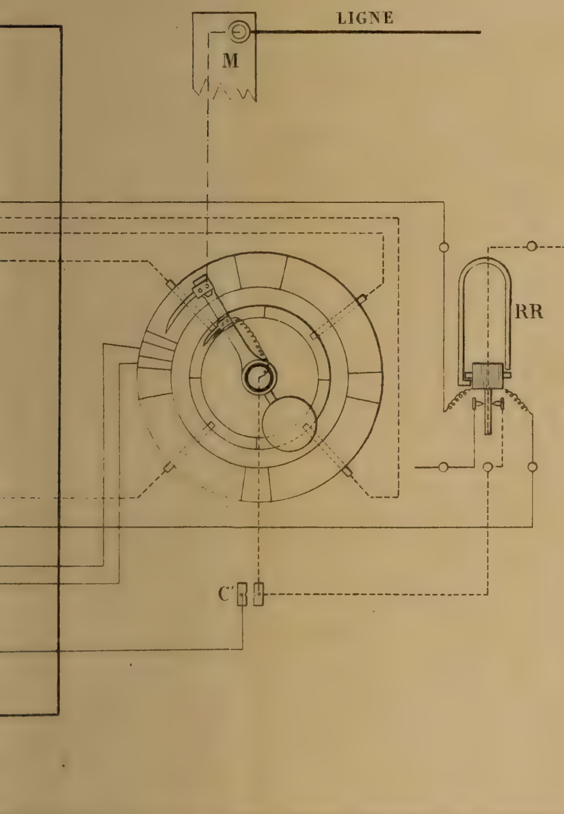


Gravé par E. Perot

PL. VII.

...cations électriques

...ger.



8 Décembre 1874. N° 1.

9 Décembre 1874. N° 2.

PL. IX-X

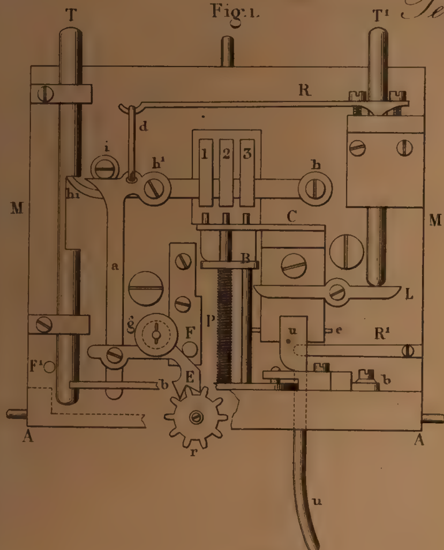
Skudesnoes 747
745
Thurso 750
Copenhague 750
750
Greencastle 745
Scarborough 754
Fanö 751
Groningue 756
Yarmouth 758
758 Le Helder
Berlin 754
755
Valentia 742
745
Londres 757
Dunkerque 760
Bruxelles 762
Boulogne
Cap Lizard 754
750
Cherbourg 761
Le Havre 763
Charleville 764
Prague 760
760
Paris 765
Brest
Lorient 763
755
Vienne 763
760
Roche-sur-Yon 765
Besançon 767
Berne 768
Lyon 769
La Rochelle 768
Limoges 770
Trieste 764
765
Bordeaux 770
770
La Corogne 772
Bayonne 770
Marseille
Cette 770
771
Toulon 769
Perpignan 773
Florence 767
Livourne 767
Lésina 761
775
Porto 775
Rome 765
Naples 763
Madrid 776
Lisbonne 775
Palma 771
775
Alicante 773
765
Palerme 764
San Fernando 774
773 Tarifa
770
Alger 763

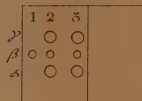
745
745
740
750
735
730
747
738
728
740
726
729
729
753
745
740
736
730
729
747
737
747
740
739
750
739
749
749
750
749
747
749
755
751
755
758
755
755
765
760
758
757
760
758
759
761
760
763
767
770
763
765
765
767
770
766
765
765
772
771
768
770

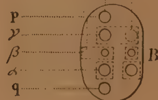
TÉLÉGRAPHE AUTOMATIQUE DE WHEATSTONE

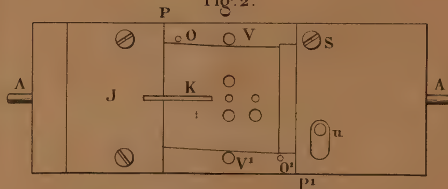
PL. XI.

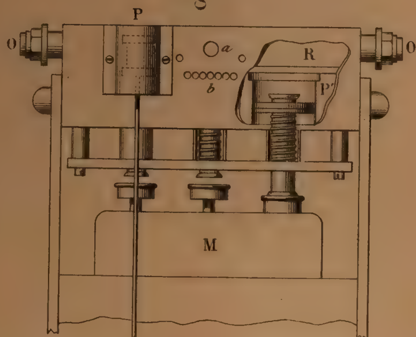
Perforateur et appareil pneumatique

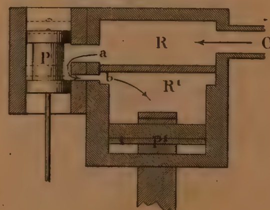




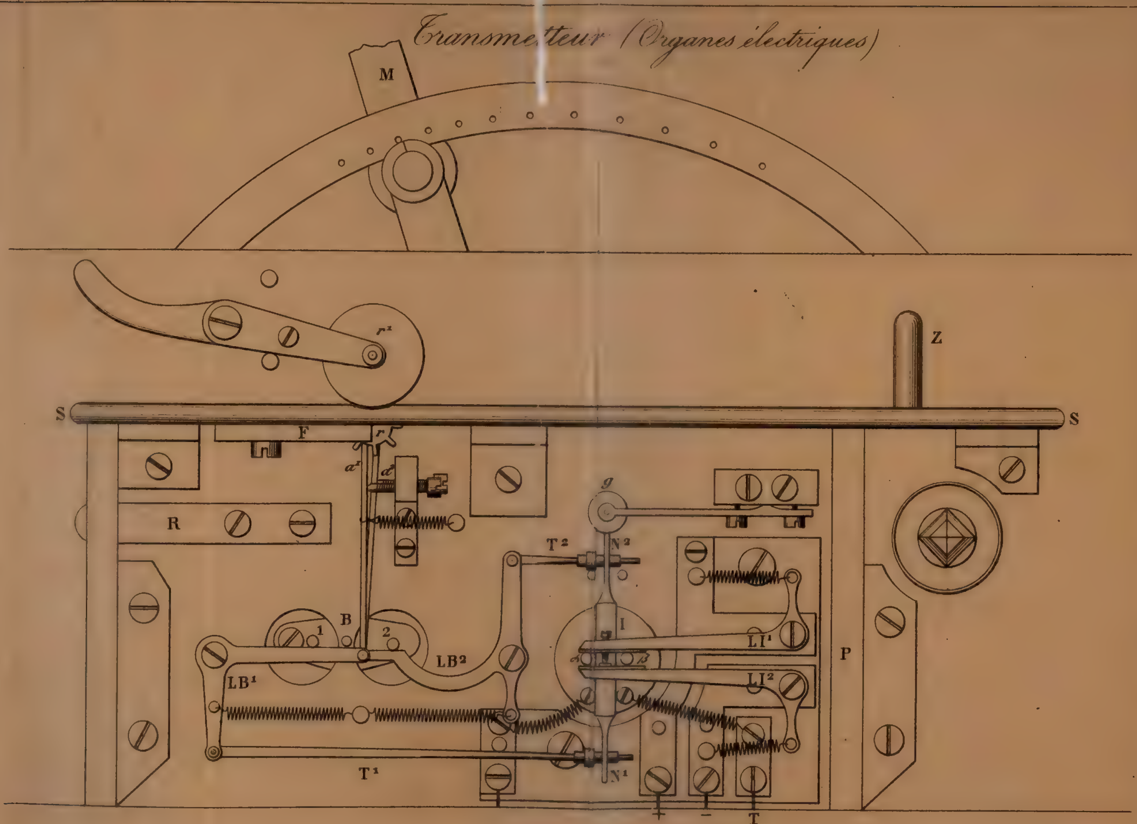








Gravé par E. Perot.



Gravé par E. Perot.

tro Séma

se et Prudhon

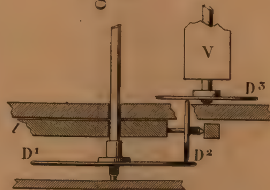
M'



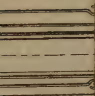
Transmetteur (Moteur.)

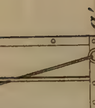
Fig. 1.

Fig. 2.



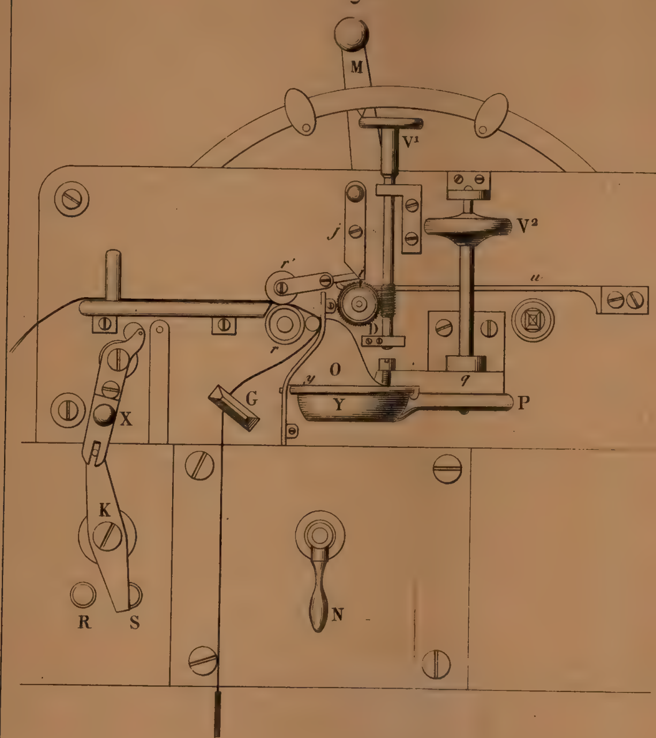
Gravé par E. Perot

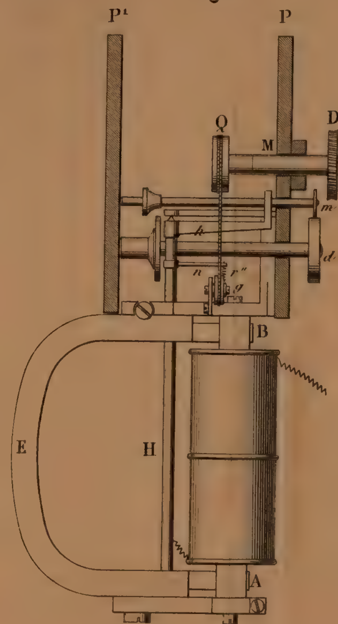

Lart

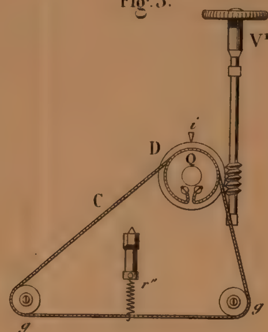


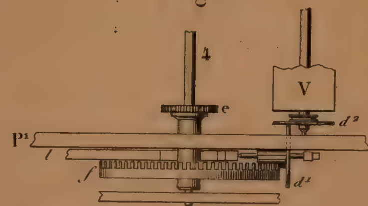


Récepteur.



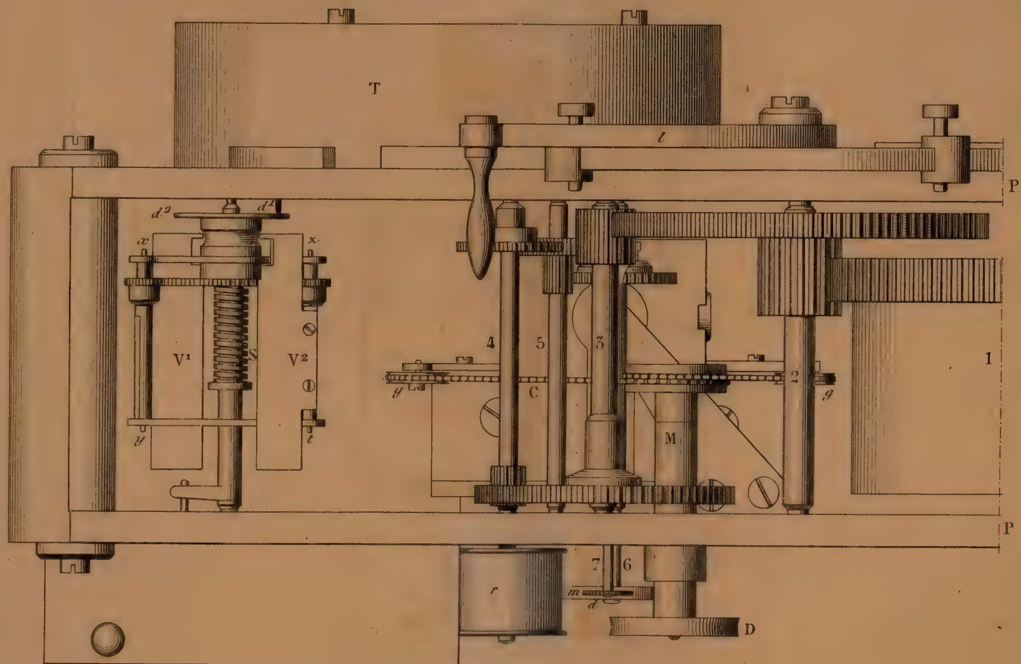




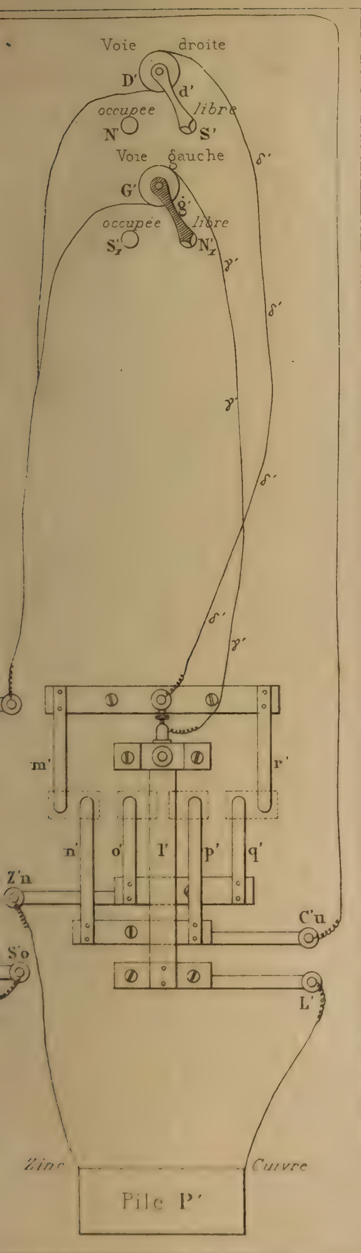


Gravé par E. Perot

Récepteur (Moteur)

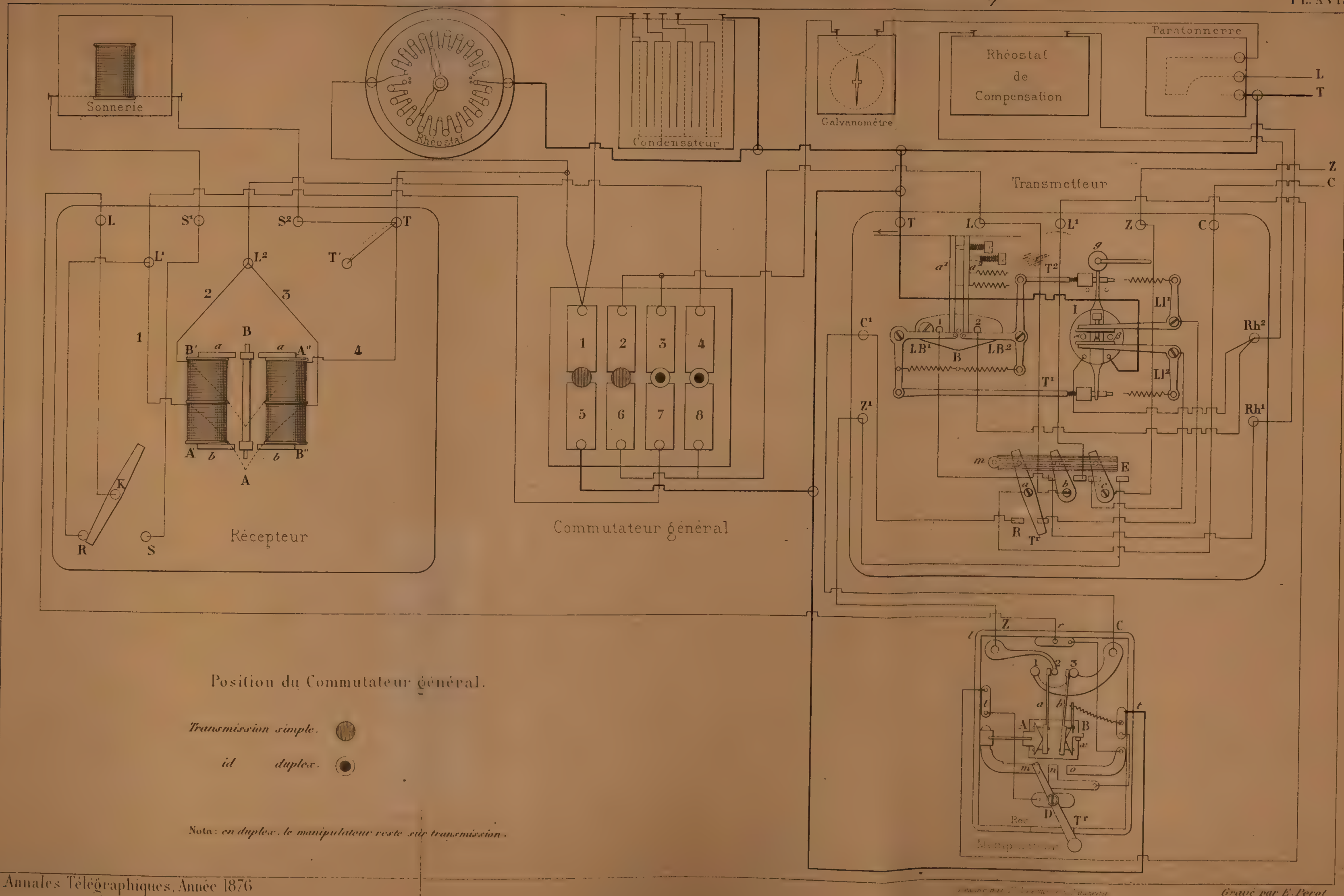


Gravé par E. Perot



gravé par E. Pérot.

TÉLÉGRAPHE AUTOMATIQUE DE WHEATSTONE. *Installation d'un poste.*



Gravé par E. Perot





.E.STECHERT
& Co.
NEW YORK,

